

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 4007069 A1

②1 Aktenzeichen: P 40 07 069.7  
②2 Anmeldetag: 7. 3. 90  
④3 Offenlegungstag: 20. 9. 90

⑤1 Int. Cl. 5:  
G 03 B 27/32  
G 02 B 27/18  
G 03 F 7/20  
G 03 F 9/00

DE 4007069 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
15.03.89 JP 63275/89

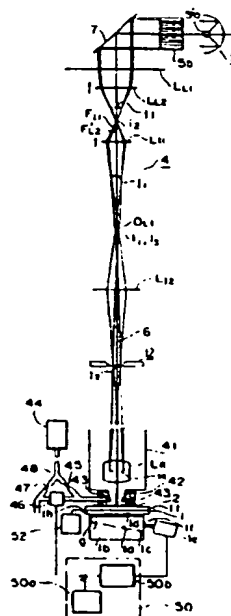
⑦1 Anmelder:  
Nippon Seiko K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:  
Reichel, W., Dipl.-Ing.; Lippert, H., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 6000 Frankfurt

⑦2 Erfinder:  
Takubo, Minoru, Tokio/Tokyo, JP; Fukasawa, Toshio,  
Ebina, Kanagawa, JP; Yamanaka, Tatsuo,  
Yokohama, Kanagawa, JP

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur optischen Abbildung

Als Ausleuchtungs- und Abbildungslinsen umfaßt ein optisches System eine erste und zweite Beleuchtungslinse ( $L_{L1}$ ,  $L_{L2}$ ) und eine erste und zweite Abbildungslinse ( $L_{A1}$ ,  $L_{A2}$ ), die eine Musterquelle (11) sandwichartig umgeben. Durch Bewegen der zweiten Beleuchtungslinse und ersten Abbildungslinse mit fester Linsendistanz kann ein Musterbild ( $I_2$ ) mit gewünschter Vergrößerung an einem Bildpunkt der zweiten Abbildungslinse erzeugt werden, der in eine zulässige objektseitige Brennweite fällt, und es kann ein Beleuchtungslichtbild ( $i_4$ ) einer Lichtquelle (5) in einen zulässigen Eintrittspupillenlagebereich einer Projektionslinse ( $L_R$ ) fallen, so daß das Öffnungsverhältnis dieses kontrastreichen und gut telezentrischen Beleuchtungslichtbildes in einen Toleranzbereich fällt. Bei Musterbildvergrößerungseinstellungen können die zweite Beleuchtungslinse und die erste Abbildungslinse als eine Einheit bewegt werden und die Distanz zwischen der zweiten Abbildungslinse und der Projektionslinse braucht nicht korrigiert zu werden.



DE 4007069 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft Verbesserungen in Verfahren und Vorrichtungen zur optischen Abbildung, beispielsweise zur Verwendung in Verkleinerungsprojektionsausrichtgeräten oder anderen optischen Abbildungsgeräten, wobei ein Projektionsmuster einer Musterquelle auf ein belichtetes Material, z. B. mit Hilfe von Beleuchtungslicht von einer Lichtquelle, projiziert wird.

Bislang wurde üblicherweise für Lithographiemusterdruck ein Mustergenerator mit variabler Apertur verwendet, der ein nicht rechtwinkliges Muster auf ein Belichtungsmaterial druckte. Solche bekannten Mustergeneratoren liefern ein rechtwinkliges Muster, das normalerweise von zwei Paaren sich gegenüberliegender Blendenflügel vorgesehen wird, wobei beide Paare gemeinsam eine Vorrichtung zur Definition einer variablen Apertur bilden. Ein solcher Mustergenerator projiziert das rechtwinklige Muster schrittweise und wiederholt nach Art eines Kopier- und Repetiervorgangs durch ein optisches Linsensystem auf ein belichtetes Material, um auf diese Weise ein wahlweise exponiertes Muster in Form eines geeigneten Kreises, eines geeigneten Dreiecks, Quadrates oder anderen Formen zu erzeugen.

Bekannte Musterlithographien mit solchen Mustergeneratoren beinhalten das Problem, daß sie eine große Druckzeit erfordern, da eine Anordnung rechtwinkliger Muster ein vorbestimmtes Expositionsmuster liefert, ein einziger Belichtungsvorgang kein wahlfreies Muster auf dem Belichtungsmaterial erzeugen kann und die Dimensionierungen jedes rechtwinkligen Musters angewiesen werden müssen sowie auch das belichtete Material zweidimensional bewegt werden muß, um das jeweils gewählte Muster zu erzeugen.

Um diese Probleme zu lösen, hat die Anmelderin eine Vorrichtung zur Definition einer variablen Apertur vorgeschlagen, die zumindest ein Paar zwei sich gegenüberliegender Blendenflügel oder Abdeckblenden umfaßt, die jeweils relativ zueinander bewegbar sind, wobei zumindest eine der beiden sich gegenüberliegenden Blendenflügel einen V-förmigen Schlitz bzw. eine entsprechende Aussparung aufweist, so daß ein wahlfreies polygonales Muster erzeugt werden kann (japanische Gebrauchsmusteranmeldung Nr. SHO 36-42 799). In dieser Auslegung besteht jedoch noch ein Problem darin, daß diese Vorrichtung zur Definition einer variablen Apertur zwar ein angenähert kreisförmiges Muster erzeugen kann, jedoch kein vollständig kreisförmiges Muster erzeugen kann und die Dimensionen des polygonalen Musters zwar schrittweise, jedoch nicht stufenlos geändert werden können. Die ungeprüfte japanische Patentanmeldung Nr. SHO 61-2 20 895 beschreibt ebenfalls einen optischen Drucker zum Zeichnen eines geeigneten Kreises, wobei dieser Kreis mittels zwei Paaren von Blendenflügeln erzeugt wird, die jeweils einen Schlitz oder eine Aussparung aufweisen. Auch dieser bekannte Drucker oder Plotter beinhaltet die Problematik der obengenannten Gebrauchsmusteranmeldung.

Die Anmelderin schlug daraufhin ein Musterdruckverfahren und eine entsprechende Vorrichtung vor, in der ein Musterbild der die Apertur definierenden Vorrichtung nicht mechanisch geändert wurde, sondern die Vergrößerung eines Musterbildes optisch geändert wurde (japanische Patentanmeldung Nr. SHO 63-24 629). Die Lehre dieser Anmeldung besteht darin, daß Beleuchtungslicht von einer Lichtquelle auf eine Musterquelle projiziert wird, ein optisches Linsensystem das resultierende Projektionsbild der Musterquelle auf einem belichteten Material hervorruft, daß zumindest die Musterquelle oder das belichtete Material oder beide entlang einer optischen Achse bewegt wird bzw. werden oder daß zwischen der Musterquelle und dem optischen Linsensystem eine Vergrößerungskorrekturlinse vorgesehen wird, wobei entweder die Musterquelle oder die Vergrößerungskorrekturlinse oder beide auf der optischen Achse bewegt werden und daraufhin die Musterquelle und die Vergrößerungskorrekturlinse bewegt werden, während ihre Bewegungspositionen so beibehalten werden, daß die Abbildungsposition der Vergrößerungskorrekturlinse mit einer vorbestimmten Position zusammenfällt, wodurch die Vergrößerung des projizierten Musters auf dem belichteten Material stufenlos geändert wird.

In diesem früheren Druckverfahren bzw. in der entsprechenden Vorrichtung der obigen japanischen Patentanmeldung besteht jedoch ein Problem darin, daß die Vergrößerung zwischen dem Projektionsmuster der Musterquelle und einem diesem ähnlichen projizierten Muster, das auf dem belichteten Material hervorgerufen wird, wahlfrei geändert werden kann, während jede der einzelnen Komponenten, die Musterquelle, das belichtete Material und die Vergrößerungskorrekturlinse entlang der optischen Achse bewegt werden müssen, um die Vergrößerung zu ändern, und während, da die Abbildungsposition des projizierten Musters, das auf dem belichteten Material hervorgerufen wird, durch jede Bewegung verschoben wird, eine entsprechende Verschiebung kompensiert werden muß, so daß eine Einstellung zur Änderung der Vergrößerung kompliziert ist und die Auflösung des auf dem belichteten Material projizierten Musters herabgesetzt ist.

Vor dem Hintergrund der oben aufgezeigten Schwierigkeiten wurde die Erfindung gemacht.

Ihre Aufgabe besteht darin, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur optischen Abbildung anzugeben, bei denen die Vergrößerung eines Musterbildes geändert werden kann, während ein Öffnungsverhältnis eines Lichtquellenbildes, das an der Eintrittspupillenlage einer Projektionslinse hervorgerufen wird, in einen zulässigen Bereich fällt. Im Verfahren und der Vorrichtung werden mehrere Linsen auf der optischen Achse zur Ausbildung eines optischen Systems gemeinsam angeordnet, wobei ein Paar von Linsen des optischen Systems eine Musterquelle sandwichartig zwischen sich einschließen und die Musterquelle und dieses Linsenpaar relativ zueinander so bewegt werden, daß der Abstand zwischen dem Linsenpaar unverändert bleibt.

Zur Lösung der Aufgabe wird durch die Erfindung einerseits ein Verfahren zur optischen Abbildung vorgeschlagen, bei dem Beleuchtungslicht von einer Lichtquelle (irgendeiner Beleuchtungslicht erzeugenden Vorrichtung, einem Illuminant) auf ein Belichtungsmaterial mit Hilfe eines optischen Systems übertragen wird, das zumindest eine Musterquelle mit einem Projektionsmuster und eine Projektionslinse umfaßt, die dem Belichtungsmaterial gegenüberliegt und dazu dient, das Projektionsmuster auf das Belichtungsmaterial zu projizieren. Das optische Linsensystem weist eine Anordnung auf, in der eine erste Beleuchtungslinse, eine zweite Beleuchtungslinse, die Musterquelle, eine erste Abbildungslinse und eine zweite Abbildungslinse in dieser Reihenfolge auf einer optischen Achse angeordnet sind. Die erste Beleuchtungslinse erzeugt ein erstes Beleuchtungslichtbild

(Abbildung der Lichtquelle) außerhalb des bildraumseitigen Brennpunktes der ersten Abbildungslinse. Die zweite Beleuchtungslinse erzeugt ein zweites Beleuchtungslichtbild vom ersten Beleuchtungslichtbild außerhalb des objekt- oder gegenstandsseitigen Brennpunktes der ersten Abbildungslinse, die erste Abbildungslinse erzeugt ein drittes Beleuchtungslichtbild vom zweiten Beleuchtungslichtbild mit derselben Vergrößerung wie der des ersten Beleuchtungslichtbildes auf diesem ersten Beleuchtungslichtbild außerhalb des bildseitigen Brennpunktes der ersten Abbildungslinse und erzeugt darüber hinaus ein erstes Musterbild von der Musterquelle. Die zweite Abbildungslinse erzeugt ein viertes Beleuchtungslichtbild vom dritten Beleuchtungslichtbild an einer zulässigen Eintrittspupillenposition der Projektionslinse und erzeugt darüber hinaus ein zweites Musterbild vom ersten Musterbild innerhalb einer zulässigen objektraumseitigen Brennweite der Projektionslinse. Ein von der zweiten Beleuchtungslinse und der ersten Abbildungslinse gebildetes Paar und die Musterquelle werden relativ zueinander derart verschoben, daß die Distanz zwischen der zweiten Beleuchtungslinse und der ersten Abbildungslinse dabei festbleibt, wodurch die Vergrößerung des zweiten Musterbildes derart wahlfrei festlegbar ist, daß das zweite Musterbild innerhalb der zulässigen objektraumseitigen Brennweite der Projektionslinse auftritt und das vierte Beleuchtungslichtbild auf die Eintrittspupillenposition oder innerhalb eines entsprechenden Eintrittspupillentoleranzbereiches der Projektionslinse fällt.

Gemäß der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach Anspruch 2 wird eine Vorrichtung zur optischen Abbildung angegeben, in der Beleuchtungslicht von einer Lichtquelle (einem Illuminant) auf ein zu belichtendes Material mit Hilfe eines optischen Systems übertragen wird, das zumindest eine Musterquelle mit einem Projektionsmuster und eine Projektionslinse umfaßt, die dem Belichtungsmaterial gegenüberliegend angeordnet ist und dazu dient, das Projektionsmuster auf das Belichtungsmaterial abzubilden, wobei das optische System umfaßt: eine erste Beleuchtungslinse, die ein erstes Beleuchtungslichtbild von dieser Lichtquelle außerhalb des bildraumseitigen Brennpunktes der ersten Beleuchtungslinse erzeugt; eine zweite Beleuchtungslinse, die ein zweites Beleuchtungslichtbild von diesem ersten Beleuchtungslichtbild innerhalb des bildseitigen Brennpunktes des zweiten Beleuchtungslichtbildes erzeugt, so daß das erste Beleuchtungslichtbild hierbei als virtuelles Bild aufgenommen wird; eine erste Abbildungslinse erzeugt ein erstes Musterbild vom Projektionsmuster der Musterquelle, die innerhalb des bildseitigen Brennpunktes der zweiten Beleuchtungslinse angeordnet ist, außerhalb des bildseitigen Brennpunktes der ersten Abbildungslinse und erzeugt darüber hinaus ein drittes Beleuchtungslichtbild vom zweiten Beleuchtungslichtbild mit derselben Vergrößerung wie der des ersten Beleuchtungslichtbildes auf dem ersten Beleuchtungslichtbild; und eine zweite Abbildungslinse, die das erste Musterbild und das dritte Beleuchtungslichtbild, die von der ersten Abbildungslinse erzeugt werden, außerhalb des objektraumseitigen Brennpunktes dieser zweiten Abbildungslinse angeboten werden, erzeugt (bildet ab) das erste Musterbild innerhalb einer zulässigen objektraumseitigen Brennweite der Projektionslinse und erzeugt ein viertes Beleuchtungslichtbild vom dritten Beleuchtungslichtbild an einer zulässigen Eintrittspupillenposition oder -lage der Projektionslinse, wobei die erste Beleuchtungslinse, zweite Beleuchtungslinse, erste Abbildungslinse und zweite Abbildungslinse aufeinanderfolgend auf der optischen Achse angeordnet sind und wobei ein aus der zweiten Beleuchtungslinse und der ersten Beleuchtungslinse gebildetes Paar und die Musterquelle relativ zueinander derart bewegbar sind, daß die Distanz zwischen der zweiten Beleuchtungslinse und ersten Abbildungslinse bei dieser Bewegung festbleibt.

Gemäß Anspruch 3 wird in einer Weiterbildung eine Vorrichtung angegeben, bei der die Distanz zwischen der zweiten Beleuchtungslinse und ersten Abbildungslinse kleiner als die Gesamtheit oder Summe der Brennweiten der zweiten Beleuchtungslinse und ersten Abbildungslinse ist, so daß die Musterquelle und das zweite Beleuchtungslichtbild innerhalb des bildseitigen Brennpunktes der zweiten Beleuchtungslinse außerhalb des objektseitigen Brennpunktes der ersten Abbildungslinse liegen.

Entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren und der Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2 ändert ein Bewegen des Paares aus der zweiten Beleuchtungslinse und der ersten Abbildungslinse und der Musterquelle relativ zueinander die Vergrößerung des zweiten Musterbildes, das an einem Punkt außerhalb des bildseitigen Brennpunktes der zweiten Abbildungslinse erzeugt wird. In diesem Fall kann eine Verschiebung des zweiten Musterbildes, die begleitend zur Änderung der Vergrößerung des zweiten Musterbildes auftritt, innerhalb des zulässigen Bereiches des objektseitigen Brennpunktes der Projektionslinse fallen. Ferner kann eine Verschiebung des vierten Beleuchtungslichtbildes von der Lichtquelle, welches an der Eintrittspupillenposition der Projektionslinse erzeugt werden soll, in einen zulässigen Toleranzbereich um diese Eintrittspupillenlage fallen, und ein Öffnungsverhältnis des vierten Beleuchtungslichtbildes kann in einen zulässigen Toleranzbereich fallen, so daß eine einfache Relativbewegung zwischen dem Paar aus der zweiten Beleuchtungslinse und ersten Abbildungslinse und der Musterquelle die Vergrößerung des zweiten Musterbildes ändern kann, ohne daß die Notwendigkeit für eine Korrektur der Distanz zwischen der zweiten Abbildungslinse und der Projektionslinse besteht.

Die Vorrichtung nach Anspruch 3 erzeugt das zweite Beleuchtungslichtbild unter Aufnahme des ersten Beleuchtungslichtbildes, das als erstes Beleuchtungslichtbild mit der ersten Beleuchtungslinse erzeugt worden ist, als virtuelles Bild außerhalb des objektseitigen Brennpunktes der ersten Abbildungslinse und erzeugt das dritte Beleuchtungsbild vom zweiten Beleuchtungsbild mittels der ersten Abbildungslinse an der Position des ersten Beleuchtungsbildes mit derselben Vergrößerung wie der des ersten Beleuchtungsbildes, so daß eine Verschiebung des dritten Beleuchtungsbildes reduzierbar ist, wenn die zweite Beleuchtungslinse und die erste Abbildungslinse als eine Einheit bewegt werden.

Entsprechend des erfindungsgemäßen optischen Abbildungsverfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2 kann ein Beleuchtungslichtbild (Abbildung der Lichtquelle) mit hohem Kontrast und guter Telezentrität erzeugt werden. Bei der Vergrößerungseinstellung des Musterbildes braucht die Distanz zwischen der zweiten Abbildungslinse und der Projektionslinse nicht korrigiert zu werden, jedoch können die zweite Beleuchtungslinse und die erste Abbildungslinse in einfacher Weise als eine Einheit bewegt

werden. Infolgedessen ist die Steuerung der Bewegung der Einheit aus der zweiten Beleuchtungslinse und der ersten Abbildungslinse einfach und mit hoher Genauigkeit ausführbar.

Im folgenden wird die Erfindung an Hand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen optischen Abbildungsvorrichtung,

Fig. 2(a) einen Grundriß eines Mechanismus zur Definition einer variablen Apertur aus dieser Vorrichtung,

Fig. 2(b) einen Schnitt durch den Mechanismus aus Fig. 2(a) entlang der Linie B-B,

Fig. 2(c) einen Schnitt durch den Mechanismus aus Fig. 2(a) entlang der Linie C-C,

Fig. 2(d) einen Schnitt durch den Mechanismus aus Fig. 2(a) entlang der Linie D-D,

Fig. 3 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels für eine Mustersteuervorrichtung, die im erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwendet wird, und

Fig. 4 bis 11 schematische Darstellungen des Strahlengangs optischer Systeme zur Veranschaulichung der Funktion der erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Fig. 1 zeigt in schematischer Weise ein erstes Ausführungsbeispiel eines Verkleinerungsprojektionsausrichtegerätes, auf das die Erfindung angewandt ist.

Ein XYZ-Objekttisch, der belichtetes Material 2, beispielsweise ein Master für eine Schattenmaske, trägt, ist durch die Bezugszahl 1 angedeutet und ist in XYZ-Richtungen bewegbar. Ein optisches Linsensystem 4 mit einem Mechanismus 12 zur Definition einer variablen Apertur ist oberhalb des XYZ-Objekttisches 1 angeordnet. Ein Illuminant bzw. eine Lichtquelle 5 mit einer Xenonlampe 5a und einer Facettenaugenlinse 5b (fly array lens) ist über Reflexion mittels eines Reflektors 7 oberhalb des optischen Linsensystems 4 angeordnet. Beleuchtungs- oder Belichtungslicht von der Lichtquelle 5 wird über den Reflektor 7 und das optische Linsensystem 4 auf das Material 2 übertragen, welches auf dem XYZ-Objekttisch 1 angeordnet ist, um ein Projektionsmuster, das am Mechanismus 12 zur Definition einer variablen Apertur des optischen Linsensystems 4 vorgesehen ist, auf dem belichteten Material 2 verkleinert zu projizieren und abzubilden.

Der XYZ-Objekttisch bzw. die XYZ-Stufe 1 umfaßt eine Basis 1b, die eine schräge obere Führungsfläche 1a aufweist, die zur rechten Seite der Abbildung hin fortschreitend abfällt, ferner einen Z-Achsentisch 1f, dessen untere schräge Fläche 1c sich der schrägen Führungsfläche 1a der Basis 1b anpaßt und der eine horizontale obere Fläche 1d aufweist und von links nach rechts und umgekehrt mit Hilfe eines linearen Antriebsmechanismus 1e, der einen Antriebsmotor und beispielsweise eine Kugelumlaufspindel usw. umfaßt, bewegbar ist. Ferner umfaßt der XYZ-Objekttisch einen X-Achsentisch 1h, der auf Wälzelementen 1g, beispielsweise Kugeln, auf dem Z-Achsentisch 1f zwischen der linken und rechten Seite gleitend angebracht ist. Ferner ist auf dem X-Achsentisch 1h ein Y-Achsentisch 1i angebracht und in Richtung von vorn nach hinten gleitbar. Der lineare Antriebsmechanismus 1e läßt den Z-Achsentisch 1f entlang der schrägen Führungsfläche 1a in Fig. 1 von rechts nach links und umgekehrt gleiten, um das belichtete Material 2, das auf dem Y-Achsentisch 1i plaziert ist, längs einer optischen Achse 6 zu bewegen.

Das optische Linsensystem 4 umfaßt eine erste Be- oder Ausleuchtungslinse  $L_{L1}$ , die der Lichtquelle 5 über die Reflexion über den Reflektor 7 gegenüberliegt, ferner eine zweite Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und eine erste Abbildungslinse  $L_{I1}$ , die beide vor oder innerhalb des Bildpunktes  $O_{L1}$  der ersten Beleuchtungslinse  $L_{L1}$  liegen. Ein Fadenkreuz oder eine Strichplatte 11 sind zwischen den beiden Linsen  $L_{L2}$  und  $L_{I1}$  vorgesehen und bilden eine Musterquelle, beispielsweise für ein kreisrundes Muster. Eine zweite Abbildungslinse  $L_{I2}$  ist außerhalb des Bildpunktes  $O_{L1}$  der ersten Beleuchtungslinse  $L_{L1}$  angeordnet und eine Verkleinerungs- oder Reduktionslinse  $L_R$ , die eine Projektionslinse darstellt, ist so vorgesehen, daß ein Bildpunkt  $O_{I2}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  in die Objektraumfokaldistanz der Reduktionslinse  $L_R$  fällt (d. h. innerhalb der objektseitigen Brennweite der Linse  $L_R$  liegt). Die obengenannten Elemente des optischen Linsensystems 4 sind auf der optischen Achse 6 hintereinander angeordnet.

Eine Distanz  $l$  zwischen der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  ist so ausgewählt, daß sie kürzer als die Gesamtheit oder Summe  $(f_{L2} + f_{I1})$  der Brennweite oder des Brennpunktabstandes  $f_{L2}$  der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der Brennweite  $f_{I1}$  der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  ist, so daß die Strichplatte 11 und ein virtuelles Bild  $i_2$ , das, wie später näher erläutert wird, von der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  geliefert wird, in die bildseitige Brennweite  $f_{L2}$  der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und außerhalb der objektseitigen Brennweite  $f_{I1}$  der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  fallen, wie in der Zeichnung durch die entsprechenden Brennpunkte  $f_{I1}$  und  $f_{L2}$  angedeutet ist. Das Paar aus der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  ist entlang der optischen Achse 6 relativ zur Strichplatte 11 so bewegbar, daß die Länge  $l$  konstant gehalten wird.

Die Linsen  $L_{L2}$  und  $L_{I1}$  sowie die Strichplatte 11 werden von einem Trag- oder Halterungsmechanismus 13 [Fig. 2(a) bis 2(d)] gehalten, der am Mechanismus 12 zur Definition einer variablen Apertur entfernbar angebracht ist. Der Aperturdefinitionsmechanismus 12 umfaßt: eine Führung 14 mit einem Querschnitt, der einer rechtwinkligen U-Form entspricht und an einem fixierten Rahmentragwerk befestigt ist, wobei sich die Führung entlang der X-Achse erstreckt und eine quadratische oder rechtwinklige Öffnung 14a in der Mitte der Führung 14 aufweist; ein Paar von Gleitplatten 15a und 15b, die von der Führung 14 gleitend geführt werden; ein Paar Blendenflügel 16a und 16b, jeweils mit einer Schneidkante an ihren vorderen Enden, die jeweils an den sich gegenüberliegenden Öffnungsenden 14a der Gleitplatten 15a und 15b befestigt sind; eine weitere Führung 17 mit einem Querschnitt, der der Form eines umgekehrten rechtwinkligen U's entspricht, wobei die Führung 17 am Zentrum der Führung 14 befestigt ist, sich entlang der Y-Achse erstreckt und eine quadratische oder rechtwinklige Öffnung 17a im Zentrum der Führung 17 aufweist; ein weiteres Paar von Gleitplatten 18a und 18b, das in der in Fig. 2(c) gezeigten Weise gleitend von der Führung 17 bewegt wird; und ein weiteres Paar von Blendenflügeln 19a und 19b, die jeweils wiederum Schneidkanten vorderenden aufweisen und an den jeweiligen sich gegenüberliegenden Öffnungsseitenenden 14a der Gleitplatten 18a und 18b angebracht sind. Auf diese Weise bilden die

beiden Paare von Blendenflügeln oder Abdeckflügeln 16a, 16b, 19a und 19b gemeinsam ein rechtwinkliges bzw. quadratisches Blendenmuster. Ein Kugelumlaufspindelmechanismus (Fig. 3) umfaßt einen Antriebsmotor 20, eine Gewindespindel oder eine Gewindestange 21, die vom Antriebsmotor 20 angetrieben wird, und eine Kugelmutter 22, die auf die Spindel 21 paßt und jeweils an jedem Blendenflügel 16a, 16b, 19a und 19b befestigt ist und diesen an ihr befestigten Blendenflügel bewegt. In den Fig. 2(a) bis 2(d) sind die Antriebsmechanismen für die Blendenflügel 16b, 19a und 19b nicht dargestellt, und es ist statt dessen nur der Mechanismus für den Blendenflügel 16a bzw. dessen Gleitplatte 15a zu sehen.

Der Halterungsmechanismus 13 umfaßt einen Rahmentragwerk 23, dessen mittlerer Abschnitt lösbar innerhalb der Öffnung 17a in der Führung 17 des Aperturdefinitionsmechanismus 12 angebracht ist und die Strichplatte 11 hält. Ferner umfaßt der Halterungsmechanismus 13 einen oberen Halter 25, der an den oberen Enden von Gleit- oder Schiebewellen 24a und 24b befestigt ist, welche mittels linearer Kugellager 23a und 23b vertikal geführt werden, welche innerhalb des Rahmentragwerks 23 befestigt sind, und hält die zweite Beleuchtungslinse  $L_{L2}$ . Ein unterer Halter 26 ist an den unteren Enden der Schiebewellen oder Gleitstücke 24a und 24b befestigt und hält die erste Abbildungslinse  $L_{L1}$ . Ferner umfaßt der Mechanismus 13 ein Paar von Kompressions- oder Druckschraubenfedern 27a und 27b, die jeweils um die Schiebewellen 24a und 24b herum angeordnet zwischen der Unterseite des Rahmentragwerks 23 und der Oberseite des unteren Halters 26 liegen. Darüber hinaus weist der Mechanismus 13 einen Vertilantriebsmechanismus 28 auf, der den oberen Halter 24 vertikal bewegt.

Das Rahmentragwerk 23 umfaßt einen horizontalen Plattenabschnitt 23c und einen vertikalen Abschnitt 23d in Form eines umgekehrten rechtwinkligen U's, der integral an die Unterseite des horizontalen Plattenabschnitts 23c angefügt ist. Eine Durchbohrung oder durchgehende Öffnung 23e erstreckt sich durch den Mittelpunkt des horizontalen Plattenabschnitts 23 und des Abschnitts 23d in Form eines auf dem Kopf stehenden rechtwinkligen U's. Ein Zwischenbereich der Oberfläche der inneren Wandung der durchgehenden Öffnung 23e weist eine Öffnung oder Aussparung auf, die einen Flansch definiert, dessen Unterseite die ein kreisrundes Muster liefernde Strichplatte 11 lösbar hält. Links und rechts von der durchgehenden Aussparung 23e liegende Durchgangslöcher 23f und 23g erstrecken sich durch den horizontalen Plattenabschnitt 23c und den Abschnitt 23d in Form eines vertikalen umgedrehten rechtwinkligen U's. Die entsprechenden Linearkugellager 23a und 23b sind innerhalb der Durchgangslöcher 23f und 23g angeordnet.

Wie aus den Fig. 2(a) und 2(d) hervorgeht, erstreckt sich entsprechend einem vertikalen Antriebsmechanismus 28 ein Paar von Schiebewellen 29a und 29b zwischen der rechten und linken Seite durch die Zentren von Vorder-/Hinter-(antero-posterior-)Achsen von im Rahmentragwerk 23 definierten rechtwinkligen Ausnehmungen oder Einstichen 23h und 23i symmetrisch auf der Vorder- und Rückseite der durchgehenden Öffnung 23e, die im horizontalen Plattenabschnitt des Rahmentragwerks 23 definiert ist, eine Verbindungsstange 30a verbindet die linksseitigen, sich außerhalb des Rahmentragwerks 23 erstreckenden Enden der Schiebewellen 29a und 29b, eine weitere Verbindungsstange 23b verbindet die rechtsseitigen, sich außerhalb des Rahmentragwerks 23 erstreckenden Enden der Schiebewellen 29a und 29b, ein Paar von Nocken 31a und 31b, die jeweils eine sich nach rechts fortschreitend absenkende Nockensteuerfläche aufweisen, sind jeweils an Abschnitten der Schiebewellen 29a und 29b befestigt, welche Abschnitte den Aussparungen 23h und 23i entsprechen. Ein Paar von Nockenstößeln 32a und 32b, die jeweils mit Wälzlager, deren äußere Laufflächen in Kontakt mit den Nockensteuerflächen der Nocken 31a und 31b sind, ausgestattet sind, sind am oberen Halter 25 befestigt, ein Paar von Zug- oder Spannfedern 34a und 34b verbindet die Verbindungsstange 30a mit einem Ständer oder einer Stütze 33, die an der oberen Fläche der Gleitplatte 15a befestigt ist, und ferner können in diesem vertikalen Antriebsmechanismus 28 ein Vorsprung 35a, der an der Verbindungsstange 30a vorgesehen ist, und ein Anschlag 35b, der am Ständer 33 vorgesehen ist und ein einstellbares Vorsprungaumaß aufweist, in Kontakt miteinander sein. Eine Bewegung der Gleitplatte 15a bewegt die Schiebewellen 29a und 29b so, daß der obere und untere Halter 25 und 26 als eine Einheit vertikal bewegt werden.

Ein Träger 36, der auf der Unterseite der Führung 14 des Aperturdefinitionsmechanismus 12 angebracht ist, geht in eine Blendenflügelhalterungsstütze über. Das Zentrum des Trägers 36 hält die zweite Abbildungslinse  $L_{L1}$ . Die Position der zweiten Abbildungslinse  $L_{L2}$  ist derart ausgewählt, daß der Bildpunkt  $O'_{L1}$ , bei dem das erste Musterbild  $I_1$  des ring- oder kreisförmigen Musters der Strichplatte 11 durch die zweite Abbildungslinse  $L_{L2}$  hervorgerufen wird, mit einer Position zusammenfällt, an der die beiden Blendenpaare 16a, 16b und 19a, 19b gemeinsam ein quadratisches oder rechteckiges Muster definieren.

Eine Mustersteuervorrichtung 37 steuert den Antriebsmotor 20 des Mechanismus 12 zur Definition einer variablen Apertur.

Die Mustersteuervorrichtung 37 umfaßt: einen Mikrocomputer 38, der zumindest ein Eingangs/Ausgangs-Interface 38a, einen Prozessor 38b und einen Speicher 38c umfaßt; eine Motorantriebsschaltung 39 und eine Musterauswahleingabeeinheit 40 zur Eingabe von Projektionsvergrößerungswerten eines projizierten Musters in den Mikrocomputer 38.

Wenn die Musterauswahleingabeeinheit 40 Daten, die die Projektionsvergrößerung festlegen, eingibt, so nimmt der Prozessor 38b des Mikrocomputers ansprechend auf die eingegebenen, die Projektionsvergrößerung festlegenden Daten auf eine gespeicherte Tabelle Bezug, die vorab im Speicher 38c gespeichert worden ist, berechnet eine Zielverschiebung der Einheit aus der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{L1}$ , die der gewünschten Projektionsvergrößerung entspricht, und erzeugt eine Verschiebungsanweisung für die Motorantriebsschaltung 39 in Abhängigkeit von einer Differenz zwischen der Zielverschiebung bzw. dem Verschiebungszentrum und einer gerade vorliegenden Position der Einheit aus den Linsen  $L_{L2}$  und  $L_{L1}$ , um den Antriebsmotor 20 zu steuern, so daß auf diese Weise die Projektionsvergrößerung festgelegt wird.

In der Fig. 1 weist die dem belichteten Material 2 gegenüberliegende Unterseite eines feststehenden, eine Verkleinerungslinse  $L_R$  haltenden hohlen Zylinders 41 eine Aperturöffnung 42 auf, die Belichtungslicht hindurchläßt, und es sind vier Luftzufuhrdüsen 43 um den Umfang dieser Öffnung 42 in gleichen Intervallen

beabstandet angeordnet. Jede der Düsen 43 ist mit einer gemeinsamen Luftspeisungsquelle 44 über eine Verengung 45 und mit einer Einlaßöffnung eines gemeinsamen Differentialdruckwandlers 46 verbunden. Der andere Eingangsanschluß des Differentialdruckwandlers 46 steht mit der Luftspeisungsquelle 44 über eine weitere Verengung oder Drosselstelle 47 und mit der Atmosphäre in Verbindung. Die Düsen 43, die Luftspeisungsquelle 44, die Verengungen 45 und 47 und der Differentialdruckwandler 46 bilden gemeinsam ein Luftmikrometer 48.

Ein Erfassungs- oder Detektorsignal des Differentialdruckwandlers 46 wird zu einer Brennpunkteinstellsteuervorrichtung oder -stufe 50 geleitet. Die Brennpunkteinstellsteuervorrichtung 50 vergleicht das Detektorsignal des Differentialwandlers 46 mit einem Zielwert, der von einer Zielwertbestimmungseinheit 50a bestimmt worden ist, und erzeugt ein Abweichungssignal, das einen Differenzwert aus diesem Vergleich darstellt und einer Antriebsschaltung 50b, die einen Verstärker usw. umfaßt, zugeführt wird. Die Antriebsschaltung 50b erzeugt ein Antriebsausgangssignal, das eine Betätigungseinheit, beispielsweise einen Motor für den linearen Antriebsmechanismus 1e des XYZ-Objekttisches 1 so steuert, daß der lineare Antriebsmechanismus 1e die Distanz zwischen den Düsen 43 und dem belichteten Material 2 auf einen geeigneten Wert einstellt.

Die XYZ-Achsenbewegungen des XYZ-Objekttisches 1 werden mit Hilfe von Meßwertrückkopplungssignalen von einem Detektor 52 in aufeinanderfolgender Kopier- und Repetiervorgangsweise (step-and-repeat manner) derart gesteuert bzw. geregelt, daß eine ursprüngliche (nicht dargestellte) Markierung, die auf dem Belichtungsmaterial 2 vorgesehen ist, optisch ausgelesen wird, ein Steuerursprung oder -ausgangspunkt auf der Grundlage der ausgelesenen ursprünglichen Markierung bestimmt wird der der Detektor 52, beispielsweise eine Laserlängenmeßeinrichtung, die die absoluten Distanzen entlang der XY-Achsen, ansprechend auf einen Belichtungszyklus des projizierten Musters, erfaßt, die auf den gemessenen Wert zurückgehenden Rückkopplungssignale erzeugt.

Im folgenden wird die Funktionsweise des oben erläuterten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Wie aus Fig. 4 hervorgeht, wird Belichtungslicht vom Austrittsende der Facettenaugenlinse 5b der Lichtquelle 5 vom Reflektor 7 zur ersten Beleuchtungslinse  $LL_1$  reflektiert. Die erste Beleuchtungslinse  $LL_1$  erzeugt das erste Lichtquellenbild  $i_1$  an ihrem entsprechenden Bildpunkt  $OL_1$ . Die zweite Beleuchtungslinse  $LL_2$  erzeugt das zweite Lichtquellenbild  $i_2$  vom ersten Lichtquellenbild  $i_1$  innerhalb des bildraumseitigen Brennpunktes  $F'_{L2}$  und außerhalb des objekt- oder gegenstandsraumseitigen Brennpunktes  $F_{L1}$  der ersten Abbildungslinse  $L_{J1}$ , um auf diese Weise das erste Lichtquellenbild  $i_1$  als virtuelles Bild aufzunehmen. Die erste Abbildungslinse  $L_{J1}$  erzeugt das dritte Lichtquellenbild  $i_3$  so groß wie das erste Lichtquellenbild  $i_1$  aus dem zweiten Lichtquellenbild  $i_2$  bei einer Position, die mit der der ersten Abbildung der Lichtquelle  $i_1$  zusammenfällt. Die zweite Abbildungslinse  $L_{J2}$  erzeugt das vierte Lichtquellenbild  $i_4$  aus dem dritten Lichtquellenbild  $i_3$  an der Eintrittspupillenposition der Reduktions- oder Verkleinerungslinse  $L_R$ . (Mit Eintrittspupille ist das dingseitige, den Strahlenraum der optischen Abbildung begrenzende Blendenbild gemeint.)

Andererseits erzeugt, wie aus Fig. 5 hervorgeht, die erste Abbildungslinse  $L_{J1}$  das erste Musterbild  $I_1$  an ihrem Bildpunkt  $O'_{J1}$  vom kreis- oder ringförmigen Muster der Strichplatte 11, die innerhalb des bildseitigen Brennpunktes  $F'_{L2}$ , d. h. der Brennweite, der zweiten Beleuchtungslinse  $LL_2$  vorgesehen ist. Die zweite Abbildungslinse  $L_{J2}$  erzeugt ein zweites Musterbild  $I_2$  aus dem ersten Musterbild  $I_1$  am Bildpunkt  $O'_{J2}$  der Reduktionslinse  $L_R$  innerhalb der zulässigen Objektraumbrennweite der -fokaldistanz der Reduktionslinse  $L_R$ . Die Reduktionslinse  $L_R$  reduziert das zweite Musterbild  $I_2$ , um dieses auf dem belichteten Material 2 vorzusehen, das auf dem XYZ-Objekttisch 1 plaziert ist. Da das ring- oder kreisförmige Muster der Strichplatte 11 am Bildpunkt  $O'_{J2}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{J2}$  abgebildet wird, der innerhalb der zulässigen Objektraumbrennweite der Reduktionslinse  $L_R$  fällt, wird die Strichplatte 11 äquivalent am Bildpunkt  $O'_{J2}$  plaziert, so daß die Linsen  $LL_1$ ,  $LL_2$ ,  $L_{J1}$  und  $L_{J2}$  gemeinsam eine einzige Kondensorlinse zu bilden scheinen.

Entsprechend dieser Anordnung ändert die gleichzeitige Bewegung der zweiten Beleuchtungslinse  $LL_2$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{J1}$  bezüglich der Strichplatte 11 mittels der Mustersteuervorrichtung 15 die Vergrößerung des Musterbildes, das am Bildpunkt  $O'_{J2}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{J2}$  erzeugt wird, in der Weise, daß das Öffnungsverhältnis des Beleuchtungslichtbildes der Lichtquelle 5, das auf die Eintrittspupille der Reduktionslinse  $L_R$  einfällt, innerhalb eines zulässigen Bereiches fallen kann.

Im folgenden wird das Prinzip, das die Änderung der Distanz der Einheit der zweiten Beleuchtungslinse  $LL_2$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{J1}$  von der Strichplatte 11 die Vergrößerung des zweiten Musterbildes  $I_2$  ändert, näher erläutert.

Zunächst wird die Beziehung zwischen einer Verschiebung  $\Delta$  eines Objektpunktes  $O$  einer einzigen dünnen Linse und einer Verschiebung  $\Delta'$  eines entsprechenden Bildpunktes  $O'$  der einzigen dünnen Linse erläutert, wobei diese Beziehung der vorliegenden Erfindung zugrundeliegt.

In der Fig. 6 ist die objektseitige Brennweite einer dünnen Linse mit  $f$  angedeutet, die bildseitige Brennweite ist mit  $f'$  angedeutet, die Distanz vom Hauptpunkt  $H$  der dünnen Linse zum Objektpunkt  $O$  ist mit  $S$  angezeigt, die Distanz vom Hauptpunkt  $H$  zum Bildpunkt  $O'$  ist mit  $S'$  angezeigt, die Größe eines Objektes, das am Objektpunkt  $O$  liegt, ist mit  $A$  angedeutet, die Größe eines entsprechenden Bildes, das am Bildpunkt  $O'$  erzeugt wird, ist mit  $B$  angedeutet, und die Vergrößerung wird mit  $m$  bezeichnet. Damit ergibt sich die folgende Abbildungsgleichung:

$$\frac{1}{S'} = \frac{1}{S} + \frac{1}{f'} \quad (1)$$

Die Vergrößerung  $m$  wird durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

$$m = \frac{S'}{S} = \frac{B}{A} \quad (2)$$

Infolgedessen werden die Distanzen  $S$  und  $S'$  aus den Gleichungen (1) und (2) wie folgt abgeleitet:

$$S = f' \left[ \frac{1}{m} - 1 \right] \quad (3)$$

$$S' = f' [1 - m] \quad (4)$$

Die Beziehung zwischen der Verschiebung  $\Delta$  des Objektpunktes  $O$  und der Verschiebung  $\Delta'$  des Bildpunktes  $O'$  wird aus Gleichung (1) wie folgt abgeleitet:

$$\frac{1}{S' + \Delta'} = \frac{1}{S + \Delta} + \frac{1}{f'} \quad (5)$$

In diesem Fall ist die Rate der Änderung  $K$  einer Vergrößerung  $m^*$  nach einer Verschiebung zur Vergrößerung  $m$  vor der Verschiebung durch die folgende Gleichung ausdrückbar:

$$K = \frac{m^*}{m} \quad (7)$$

Substitution der Gleichungen (1), (3) und (5) für  $m^*$  und  $m$  aus Gleichung (7) und darauffolgende Umformung der resultierenden Gleichung ergeben die folgende Gleichung:

$$K = \frac{(S' + \Delta') / (S + \Delta)}{S' / S} = 1 - \frac{\Delta'}{mf'} \quad (8)$$

Die Bildpunktverschiebung  $\Delta'$  wird wie folgt ausgedrückt:

$$\Delta' = mf'(1 - K) \quad (9)$$

In ähnlicher Weise wird die Rate der Änderung  $K$ , bezogen auf die Objektverschiebung  $\Delta$ , wie folgt ausgedrückt:

$$K = \frac{f'}{f' + S + \Delta} \cdot \frac{f' + S}{f'} = \frac{f}{f - m} \quad (10)$$

Die Objektverschiebung  $\Delta$  ergibt sich wie folgt:

$$\Delta = \frac{f}{m} \cdot \frac{K - 1}{K} \quad (11)$$

Subtraktion der Gleichung (11) von Gleichung (9) liefert die folgende Gleichung:

$$\Delta' - \Delta = mf'(1 - K) - \frac{f}{m} \cdot \frac{K - 1}{K} = (m^2 K - 1) \quad (12)$$

Infolgedessen kann die Beziehung zwischen der Bildpunktverschiebung  $\Delta'$  und Objektverschiebung  $\Delta$  wie folgt ausgedrückt werden:

$$\Delta' = \Delta(m^2 K - 1) + \Delta = \Delta m^2 K \quad (13)$$

Da, wenn die erste Abbildungslinse  $L_{I1}$  um eine Verschiebung  $\Delta_1$  so verschoben wird, daß das kreisrunde Muster der Strichplatte 11 am Bildpunkt  $O'_{I2}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  abgebildet wird, wie in Fig. 5 gezeigt ist, die Beziehung zwischen der Verschiebung  $\Delta_1$  der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  und einer Verschiebung  $\Delta'_1$  des Bildpunktes  $O'_{I2}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  mit Bezug auf die erste Abbildungslinse  $L_{I1}$  äquivalent zu der Beziehung zwischen einer Verschiebung  $\Delta_1$ , um die die Strichplatte 11 in einer bezüglich der Verschiebung der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  entgegengesetzten Richtung verschoben wird, und der Verschiebung  $\Delta'_1$  des Bildpunktes  $O'_{I2}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  ist, so wird folglich eine Verschiebung des ersten Muster-

bildes  $I_1$ , die von der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  hervorgerufen wird, durch den Ausdruck  $\Delta'_I - \Delta_I$  ausgedrückt. Wird eine Vergrößerung vor der Verschiebung durch  $m_{I1}$  ausgedrückt, eine Vergrößerung nach einer Verschiebung durch  $m_{I1}^*$  ausgedrückt und die Rate der Änderung in der Vergrößerung durch  $K_{I1}$  ( $= m_{I1}^*/m_{I1}$ ) ausgedrückt, so wird aus Gleichung (12) die folgende Gleichung abgeleitet:

$$\Delta'_I - \Delta_I = \Delta(m_{I1}^2 K_{I1} - 1) \quad (14)$$

Eine Bildpunktverschiebung  $\Delta'_I$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  wird folgendermaßen ausgedrückt, wenn eine Vergrößerung vor der Verschiebung durch  $m_{I2}$ , eine Vergrößerung nach der Verschiebung durch  $m_{I2}^*$  ausgedrückt werden und die Rate der Änderung in der Vergrößerung  $K_{I2}$  ( $= m_{I2}^*/m_{I2}$ ) dargestellt wird, wobei die folgende Gleichung aus Gleichung (13) abgeleitet wird:

$$\Delta'_I = (\Delta'_I - \Delta_I) m_{I2} K_{I2} = (m_{I1}^2 K_{I1} - 1) m_{I2} K_{I2} \quad (15)$$

Andererseits kann die Objektpunktverschiebung  $\Delta_I$  der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  aus Gleichung (11) wie folgt abgeleitet werden:

$$\Delta_I = \frac{f_{I1}}{m_{I1}} \cdot \frac{K_{I1} - 1}{K_{I1}} \quad (16)$$

Eine Objektpunktverschiebung  $(\Delta'_I - \Delta_I)$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  kann ebenfalls aus Gleichung (11) wie folgt abgeleitet werden:

$$\Delta'_I - \Delta_I = \frac{f_{I2}}{m_{I2}} \cdot \frac{K_{I2} - 1}{K_{I2}} \quad (17)$$

Eine Änderungsrate der Vergrößerung  $K_{I1}$  kann aus Gleichung (10) wie folgt abgeleitet werden:

$$K_{I1} = \frac{f_{I1}}{f_{I1} - m_{I1} \Delta_I} \quad (18)$$

Eine Änderungsrate der Vergrößerung  $K_{I2}$  kann ebenfalls aus Gleichung (10) wie folgt abgeleitet werden:

$$K_{I2} = \frac{f_{I2}}{f_{I2} - (\Delta'_I - \Delta_I) m_{I2}} = \frac{f_{I2} (f_{I1} - \Delta_I m_{I1})}{f_{I2} (f_{I1} - m_{I1} \Delta_I) - \Delta_I m_{I2} (m_{I1}^2 f_{I1} - f_{I1} + m_{I1} \Delta_I)} \quad (19)$$

Wird die erste Abbildungslinse  $L_{I1}$  um die Verschiebung  $\Delta_I$  verschoben, wird eine generelle Vergrößerung  $K_I$ , die am Bildpunkt  $O'_{I2}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  geliefert wird, folgendermaßen ausgedrückt:

$$K = K_{I1} K_{I2} = \frac{f_{I1} \cdot f_{I2}}{f_{I2} (f_{I1} - m_{I1} \Delta_I) - \Delta_I m_{I2} (m_{I1}^2 f_{I1} - f_{I1} + m_{I1} \Delta_I)} \quad (20)$$

Ein Umformen dieser Gleichung (20) liefert die Verschiebung  $\Delta_I$  der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$ , die wie folgt ausgedrückt werden kann:

$$\Delta_I = \frac{1}{2 m_{I2}} \left( -f_{I2} - \sqrt{f_{I2}^2 - 4 m_{I2} f_{I1} f_{I2} \frac{K_I - 1}{K_I}} \right) \quad (21)$$

Wird der zulässige Bereich der Objektraumbrennweite der Reduktionslinse  $L_R$  beispielsweise zu 0,4 mm angenommen, so ergeben sich die folgenden Dimensionierungen für die jeweiligen Linsen: Im Fall der ersten Beleuchtungslinse  $L_{L1}$  betragen die Brennweite  $f_{L1} = 394,40$  mm, der effektive Durchmesser  $\varnothing = 79$  mm, die  $f$ -Zahl (Lichtstärke)  $= 4,99$ , der Abstand von der Hauptebeine zum Objektpunkt  $S_{L1} = -1095,56$  mm, der Abstand von der Hauptebeine zum Bildpunkt  $S'_{L1} = 3290$  mm und die Vergrößerung  $m_{L1} = -1/3,7778$ ; im Fall der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  betragen die Brennweite  $f_{L2} = 76,77$  mm, der effektive Durchmesser  $\varnothing = 25$  mm, die  $f$ -Zahl  $= 3,07$ , der Abstand von der Hauptebeine zum Objektpunkt  $S_{L2} = -256,04$  mm, der Abstand von der Hauptebeine zum Bildpunkt  $S'_{L2} = 59,06$  mm und die Vergrößerung  $m_{L2} = 1/4,3353$ ; im Fall der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  betragen die Brennweite  $f_{I1} = 30$  mm, der effektive Durchmesser  $\varnothing = 17$  mm, die  $f$ -Zahl  $= 1,76$ , der Abstand von der Hauptebeine zum Objektpunkt  $S_{I1} = -36,92$  mm, der Abstand von der Hauptebeine zum Bildpunkt  $S'_{I1} = 160,06$  mm und die Vergrößerung  $m_{I2} = -4,3353$  ( $S_{I1} = -60$  mm,  $S'_{I1} = 60$  mm und die Vergrößerung  $m_{I1} = -1$  für ein Musterbild); im Fall der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  betragen die Brennweite  $f_{I2} = 81$  mm, der effektive Durchmesser  $\varnothing = 32$  mm, die  $f$ -Zahl  $= 2,53$ , der Abstand von der Hauptebeine zum Objektpunkt  $S_{I2} = 102,44$  mm, der Abstand von der Hauptebeine zum Bildpunkt  $S'_{I2} = 387$  mm, die Vergröße-



zung  $m_{12} = -3,7778$  ( $S_{12} = -202,5$  mm,  $S'_{12} = 135$  mm und die Vergrößerung  $m_{12} = -1/1,5$  für ein Musterbild). Die Verschiebung  $\Delta_1$  von  $L_{11}$  wird für die angegebenen Werte durch die Gleichung (21) hervorgerufen, wobei eine gewünschte allgemeine oder generelle Vergrößerung  $K_1$  gegeben wird. Fällt die Verschiebung  $\Delta'_1$  des Bildpunktes  $O'_{12}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{12}$  innerhalb des zulässigen Bereiches der objektseitigen Brennweite von 0,4 mm, so kann in diesem Fall ein gutes defokussiertes bzw. unscharfes freies Musterbild auf die Reduktionslinse  $L_R$  fallen.

Die folgende Tabelle 1 zeigt die Verschiebung  $\Delta_1$ , die Änderungsrate der Vergrößerung  $K_{11}$  und die Bildpunktverschiebung  $\Delta'_1 - \Delta_1$  der ersten Abbildungslinse  $L_{11}$  und die Änderungsrate der Vergrößerung  $K_{12}$  und die Bildpunktverschiebung  $\Delta''_1$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{12}$  für verschiedene gegebene generelle oder

Tabelle 1

| $K_1$ | $\Delta_1$ | $K_{11}$ | $\Delta'_1 - \Delta_1$ | $K_{12}$ | $\Delta''_1$ |
|-------|------------|----------|------------------------|----------|--------------|
| 1,15  | 3,795      | 1,1448   | 0,550                  | 1,0045   | 0,246        |
| 1,10  | 2,669      | 1,0977   | 0,261                  | 1,0022   | 0,116        |
| 1,05  | 1,412      | 1,0494   | 0,070                  | 1,0006   | 0,031        |
| 1,01  | 0,296      | 1,0100   | 0,003                  | 1,0000   | 0,001        |
| 1,00  | 0,000      | 1,0000   | 0,000                  | 1,0000   | 0,000        |
| 0,99  | - 0,304    | 0,9900   | 0,003                  | 1,0000   | 0,001        |
| 0,95  | - 1,600    | 0,9494   | 0,081                  | 1,0007   | 0,036        |
| 0,90  | - 3,430    | 0,8974   | 0,352                  | 1,0029   | 0,157        |
| 0,85  | - 5,547    | 0,8440   | 0,865                  | 1,0072   | 0,387        |

Wie aus dieser Tabelle 1 hervorgeht, wird beim Verschieben der ersten Abbildungslinse  $L_{11}$  aus einer Position, die das zweite Musterbild des kreisförmigen Musters der Strichplatte 11 am Bildpunkt  $O'_{12}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{12}$  mit einer gleichbleibenden Größe (Vergrößerung von 1) erzeugt, nach links das zweite Musterbild  $I_2$  vergrößert, andererseits wird beim Verschieben der ersten Abbildungslinse  $L_{11}$  aus dieser Position nach rechts das zweite Musterbild  $I_2$  verkleinert. Werden derartige Vergrößerungs- und Verkleinerungsbereiche mit  $\pm 15\%$  angesetzt, so wird dafür gesorgt, daß die Bildpunktverschiebung  $\Delta''_1$  in den zulässigen Bereich der Objektraumbrennweite (0,4 mm) der Reduktionslinse  $L_R$  fällt, so daß die Brennweite der Reduktionslinse  $L_R$  nicht speziell eingestellt werden muß.

Wie oben erläutert wurde, erzeugt das Beleuchtungslicht von der Lichtquelle 5 das erste Beleuchtungs- oder Lichtquellenbild  $i_1$  am Bildpunkt  $O'_{L1}$  außerhalb des bildseitigen Brennpunktes  $F'_{11}$  der ersten Abbildungslinse  $L_{11}$  mittels der ersten Beleuchtungslinse  $LL_1$ , wie in Fig. 7 gezeigt ist. Wie in Fig. 8 gezeigt ist, erzeugt die zweite Beleuchtungslinse  $LL_2$  das zweite Lichtquellenbild (die zweite Abbildung des Beleuchtungslichtes)  $i_2$ , welches ein virtuelles Bild innerhalb des bildseitigen Brennpunktes  $F_{L2}$  der zweiten Beleuchtungslinse  $LL_2$  außerhalb des objektraumseitigen Brennpunktes  $F_{11}$  der ersten Abbildungslinse  $L_{11}$  vom ersten Lichtquellenbild  $i_1$  darstellt. Wie in Fig. 4 dargestellt ist, erzeugt die erste Abbildungslinse  $L_{11}$  das dritte Lichtquellen- oder Beleuchtungsbild  $i_3$  ebenso groß wie das erste Lichtquellenbild  $i_1$  am Bildpunkt  $O'_{L1}$  der ersten Beleuchtungslinse  $LL_1$  aus dem zweiten Lichtquellenbild  $i_2$ . Wie ferner aus Fig. 4 hervorgeht, erzeugt die Abbildungslinse  $L_{12}$  das vierte Lichtquellenbild  $i_4$  an der Eintrittspupillenlage der Reduktionslinse  $L_R$  aus dem dritten Lichtquellenbild  $i_3$ .

In diesem Fall ist die Verschiebung der Einheit aus der zweiten Beleuchtungslinse  $LL_2$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{11}$  um die Verschiebung  $\Delta_L$  wie in Fig. 9 gezeigt, äquivalent zu einer virtuellen Objektpunktverschiebung  $\Delta_L$  des ersten Beleuchtungslichtbildes  $i_1$ , so daß der Bildpunkt  $O'_{L2}$  der zweiten Beleuchtungslinse  $LL_2$ , bei dem das Beleuchtungslichtbild  $i_2$  erzeugt wird, relativ zur zweiten Beleuchtungslinse  $LL_2$  und die Verschiebung  $\Delta'_L$  verschoben wird.

Infolgedessen wird die Beziehung der Objektpunktverschiebung  $\Delta_L$  und der Bildpunktverschiebung  $\Delta'_L$  aus Gleichung (13) wie folgt ausgedrückt:

$$\Delta'_L = \Delta_L m^2_{L2} K_{L2} \quad (22)$$

Da die Änderungsrate in der Vergrößerung  $K_{L2}$  sich aus Gleichung (10) wie folgt ergibt:

$$K_{L2} = \frac{f_{L2}}{f_{L2} - \Delta_L m_{L2}} \quad (23)$$

ergibt sich bei Substitution von  $K_{L2}$  in Gleichung (22) mit Hilfe von Gleichung (22) die folgende Gleichung für die Bildpunktverschiebung  $\Delta'_{L2}$ :

$$\Delta'_{L2} = \frac{\Delta_L m^2_{L2} f_{L2}}{f_{L2} - \Delta_L m_{L2}} \quad (24)$$

Da ein Verschieben des Bildpunktes  $O'_{L2}$ , bei dem das zweite Beleuchtungslichtbild  $i_2$  erzeugt wird, um die Verschiebung  $\Delta'_L$  aus der Anfangsposition der Fig. 10(a) zur Position der Fig. 10(b) äquivalent einer Verschiebung des Objektpunktes  $O_{I1}$  der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  um die Verschiebung  $\Delta_{I2} (= \Delta'_L)$  in der Beziehung zwischen dem zweiten Beleuchtungslichtbild  $i_2$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  ist, so ergibt sich folglich die Beziehung zwischen der Objektpunktverschiebung  $\Delta_{I1}$  und der Bildpunktverschiebung  $\Delta'_{I1}$  aus Gleichung (13) wie folgt:

$$\Delta'_{I1} = \Delta_{I1} m_{I1}^2 K_{I1} \quad (25)$$

Die Änderungsrate in der Vergrößerung  $K_{I1}$  wird aus Gleichung (10) wie folgt abgeleitet:

$$K_{I1} = \frac{f_{I1}}{f_{I1} - \Delta_{I1} m_{I1}} \quad (26)$$

Die Substitution von  $K_{I1}$  in Gleichung (26) durch den entsprechenden Wert aus Gleichung (25) liefert die Bildpunktverschiebung  $\Delta'_{I1}$  mit folgender Gleichung:

$$\Delta_{I1} = \frac{\Delta_{I1} m_{I1}^2 f_{I1}}{f_{I1} - \Delta_{I1} m_{I1}} \quad (27)$$

Da die Objektverschiebung  $\Delta_{I1}$  gleich der Bildpunktverschiebung  $\Delta'_{L2}$  der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  ist, ergibt die Substitution der Objektpunktverschiebung  $\Delta_{I1}$  in Gleichung (24), d. h. von  $\Delta'_{L2}$ , durch die Gleichung (27) die folgende Gleichung für die Objektpunktverschiebung:

$$\Delta_{I1} = \frac{\Delta_L f_{I1} f_{L2} m_{I1}^2 m_{L2}^2}{f_{I1} f_{L2} - \Delta_L (f_{I1} m_{L2} + f_{L2} m_{I1} m_{L2}^2)} \quad (28)$$

Infolgedessen ergibt sich, wie in Fig. 11 gezeigt ist, bei Verschiebung der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  um eine Verschiebung  $\Delta_L$  eine Verschiebung des dritten Beleuchtungslichtbildes  $i_3$ , das am Bildpunkt  $O'_{I1}$  erzeugt wird, um die Verschiebung  $\Delta_3$ , in der die Verschiebung  $\Delta_L$  von der Verschiebung  $\Delta'_{I1}$  subtrahiert ist.

Infolgedessen ist die Verschiebung  $\Delta_3$  durch die folgende Gleichung darstellbar:

$$\Delta_3 = \Delta'_{I1} - \Delta_L \quad (29)$$

Wird in Gleichung (28)  $\Delta'_{I1}$  aus Gleichung (29) ersetzt und dann die resultierende Gleichung (29) umgeformt, so ergibt sich die Gleichung:

$$\Delta_3 = \frac{A - B}{C} \quad (30)$$

worin

$$\begin{aligned} A &= \Delta_L f_{I1} f_{L2} m_{I1}^2 m_{L2}^2 \\ B &= \Delta_L [f_{I1} f_{L2} - \Delta_L (f_{I1} m_{L2} + f_{L2} m_{I1} m_{L2}^2)] \\ C &= f_{I1} f_{L2} - \Delta_L (f_{I1} m_{L2} + f_{L2} m_{I1} m_{L2}^2) \end{aligned}$$

In Gleichung (30) sind die Bedingungen, die erforderlich sind, um die Vergrößerungen des ersten Beleuchtungslichtbildes  $i_1$  und dritten Beleuchtungslichtbildes  $i_3$  gleich zu machen und um das erste und dritte Beleuchtungslichtbild  $i_1$  und  $i_3$  an derselben Position, jedoch umgekehrt bezüglich einander abzubilden, wie folgt:

$$m_{I1} \cdot m_{L2} = -1 \quad (31)$$

$$m_{I1}^2 \cdot m_{L2}^2 = 1 \quad (32)$$

Substituiert man in den Gleichungen (31) und (32)  $m_{I1}$  mit Hilfe von Gleichung (30) und formt die resultierende Gleichung um, so ergibt sich die folgende Gleichung:

$$\Delta_3 = \frac{\Delta_L^2 \cdot m_{L2} (f_{I1} - f_{L2})}{f_{I1} f_{L2} - \Delta_L m_{L2} (f_{I1} - f_{L2})} \quad (33)$$

Da die zweite Abbildungslinse  $L_{I2}$  das vierte Beleuchtungslichtbild  $i_4$  an der Eintrittspupillenlage der Reduktionslinse  $L_R$  aus dem dritten Beleuchtungslichtbild  $i_3$  erzeugt, wird die Bildpunktverschiebung  $\Delta'_{L4}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  mit Gleichung (13) wie folgt ausgedrückt:

$$\Delta'_{L4} = \Delta_3 \cdot m_{I2} \cdot K_{I2} \quad (34)$$

Da in diesem Fall die Änderungsrate der Vergrößerung  $K_{I2}$  mit Hilfe von Gleichung (10) wie folgt ausgedrückt werden kann:

$$K_{I2} = \frac{f_{I2}}{f_{I2} - \Delta_3 m_{I2}} \quad (35)$$

ergibt sich beim Einsetzen von Gleichung (34) in Gleichung (35) die Bildpunktverschiebung  $\Delta'_{L4}$  in folgender Weise:

$$\Delta_{L4} = \Delta_3 \cdot m_{I2} \cdot \frac{f_{I2}}{f_{I2} - \Delta_3 m_{I2}} \quad (36)$$

Bei Substitution von  $\Delta_3$  in Gleichung (36) mit Hilfe von Gleichung (33) und darauffolgendes Umformen der resultierenden Gleichung (36) gewinnt man die Beziehung zwischen der Bildpunktverschiebung  $\Delta'_{L4}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  und der Verschiebung  $\Delta_L$  der Einheit aus der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  wie folgt:

$$\Delta'_{L4} = \frac{\Delta_L^2 m_{L2} m_{I2} f_{I2} (f_{I1} - f_{L2})}{f_{I1} f_{L2} f_{I2} - \Delta_L m_{L2} f_{I2} (f_{I1} - f_{L2}) - \Delta_L^2 m_{L2} m_{I2} (f_{I1} - f_{L2})} \quad (37)$$

Die insgesamt oder generelle Vergrößerung  $K_L$  des vierten Beleuchtungsbildes  $i_4$ , das an der Eintrittspupillenposition oder -lage der Reduktionslinse  $L_R$  erzeugt wird, wird wie folgt ausgedrückt:

$$K_L = K_{L2} \cdot K_{I1} \cdot K_{I2} = \frac{f_{L2}}{f_{L2} - \Delta_L m_{L2}} \cdot \frac{f_{I1}}{f_{I1} - \Delta_{I1} m_{I1}} \cdot \frac{f_{I2}}{f_{I2} - \Delta_3 m_{I2}} \quad (38)$$

Die Objektpunktverschiebung  $\Delta_{I1}$ , die gleich der Bildpunktverschiebung  $\Delta'_{L2}$  ist, wird aus der Verschiebung  $\Delta_L$  der Einheit aus der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  mit Hilfe von Gleichung (24) berechnet. Ferner wird mit Hilfe von Gleichung (33) die Bildverschiebung  $\Delta_3$  aus der Verschiebung  $\Delta_L$  berechnet.

Ist folglich die Verschiebung  $\Delta'_{L4}$  des vierten Beleuchtungslichtbildes  $i_4$  (in dem die objektseitige Brennweite  $f_{L2}$  der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2} = 76,77$  mm beträgt, die objektseitige Brennweite  $f_{I1}$  der ersten Abbildungslinse  $L_{I1} = 30$  mm beträgt, die objektseitige Brennweite  $f_{I2}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2} = 81$  mm beträgt, die Vergrößerung  $m_{L2} = 1/4,3353$  beträgt, die Vergrößerung  $m_{I1} = -4,3353$  (d. h. ein invertiertes Bild) und die Vergrößerung  $m_{I2} = -3,7778$  in Übereinstimmung mit den oben beschriebenen Dimensionierungen betragen, für den Fall, daß der zulässige Bereich der Eintrittspupillenlage der Reduktionslinse  $L_R$  beispielsweise 2 mm beträgt) innerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereiches (beispielsweise  $\pm 0,02$ ), bezogen auf den Referenzwert eines Öffnungsverhältnisses, das als ein Verhältnis des Durchmessers eines Beleuchtungslichtbildes (Abbildung der Lichtquelle) zum Durchmesser einer Eintrittspupille definiert ist und im allgemeinen auf einen Wert von 1 oder weniger ausgewählt ist, unter dem zulässigen Eintrittspupillenlagenbereich von 2 mm, so fällt das Beleuchtungslicht von der Lichtquelle 5 effektiv auf die Reduktionslinse  $L_R$ .

Die folgende Tabelle 2 zeigt Berechnungsergebnisse von Bildpunktverschiebungen  $\Delta_{L4}$  für Verschiebungen  $\Delta_L$  der Einheit aus der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  sowie Öffnungsverhältnisse  $\sigma$  des Durchmessers  $d$  des von der zweiten Abbildungslinse entworfenen vierten Beleuchtungslichtbildes  $i_4$ , das hervorgerufen wird, wenn das Musterbild  $I_2$  mit der Vergrößerung  $K_I$  vergrößert bzw. verkleinert wird.

Tabelle 2

| $K_I$ | $\Delta_L$ | $\Delta'_{L4}$ | $\sigma/d$ |
|-------|------------|----------------|------------|
| 1,15  | 3,795      | 0,983          | 0,88/12,26 |
| 1,10  | 2,669      | 0,483          | 0,87/12,17 |
| 1,05  | 1,412      | 0,134          | 0,87/12,09 |
| 1,01  | 0,296      | 0,006          | 0,86/12,02 |
| 1,00  | 0,000      | 0,000          | 0,86/12,00 |
| 0,99  | - 0,304    | 0,006          | 0,86/11,98 |
| 0,95  | - 1,600    | 0,170          | 0,85/11,92 |
| 0,90  | - 3,430    | 0,776          | 0,85/11,84 |
| 0,85  | - 5,547    | 2,018          | 0,84/11,77 |

Wie aus der Tabelle 2 hervorgeht, wird, wenn die zweiten Musterbilder  $I_2$ , in denen das kreisförmige Muster der Strichplatte 11 mit gewünschten Vergrößerungswerten vergrößert bzw. verkleinert abgebildet wird, die Verschiebung  $\Delta L_4$  des Beleuchtungslichtbildes  $i_4$  im wesentlichen innerhalb des zulässigen Eintrittspupillenlagebereiches von 2 mm der Reduktionslinse  $L_R$  innerhalb des Toleranzbereiches von  $\pm 0,02$  des Öffnungsverhältnisses eingegrenzt und auf diesen Bereich beschränkt, so daß die Eintrittspupillenlage der Verkleinerungs- oder Reduktionslinse  $L_R$  nicht in besonderer Weise eingestellt werden muß.

Infolgedessen kann durch Speichern der Verhältnisse zwischen den Vergrößerungswerten  $K_I$  der Musterbilder und der entsprechenden Verschiebungen  $\Delta L$  der Einheit aus der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  als Tabelle im Speicher 38c der Mustersteuervorrichtung 37 die Möglichkeit gegeben werden, sofort den Vergrößerungen  $K_I$  entsprechende Verschiebungen der Einheit aus den Linsen  $L_{L2}$  und  $L_{I1}$  zu berechnen, wenn der Prozessor 38b die ausgewählten Vergrößerungsdaten empfängt. Diese Berechnung verursacht, daß der Antriebsmotor 20 die Vergrößerung des Musterbildes entsprechend einstellt. Unmittelbar von dieser Vergrößerungseinstellung ausgehend, kann eine einfache Verschiebung der Einheit aus der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  mit einer vorbestimmten fixierten Distanz zwischen den Linsen bewirken, daß das zweite Musterbild  $I_2$  innerhalb der zulässigen objektraumseitigen Brennweite der Reduktionslinse  $L_R$  eingegrenzt wird und das vierte Beleuchtungslichtbild  $i_4$  so begrenzt wird, daß es innerhalb eines zulässigen Öffnungsverhältnistoleranzbereiches in den zulässigen Eintrittspupillenlagebereich der Reduktionslinse  $L_R$  fällt, so daß die fixierte Distanz zwischen der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  und der Reduktionslinse  $L_R$  nicht korrigiert zu werden braucht.

Infolgedessen wird nach einem Abschluß der Einstellung des optischen Systems 4 eine Brennpunkteinstellung zwischen der Reduktionslinse  $L_R$  und dem belichteten Material 2 ausgeführt. Die Bewegung des XYZ-Objekttisches 1 längs der optischen Achse ruft diese Brennpunkteinstellung hervor. Da eine Distanz  $k$  zwischen dem optischen Zentrum der Reduktionslinse  $L_R$  und der Unterseite des fixierten Hohlzylinders 41 festliegt, wird zunächst mittels einer Zielwerteinstelleinheit 50a ein Zielwert festgelegt, in dem der Wert der Distanz  $k$  von einem Zielwert  $b$  subtrahiert wird. In diesem Betriebszustand führt die Luftspeisungsquelle 44 durch die Verengung 45 unter Druck stehende Luft zu den Düsen 43, um auf diese Weise das Luftmikrometer 48 und die Brennpunkteinstellsteuervorrichtung 50 in ihre Betriebsstellungen zu bringen.

Wenn die Brennpunkteinstellsteuervorrichtung 50 sich in ihrer Betriebsstellung befindet, wird der Antriebsschaltung 50b das Abweichungssignal einer Differenz zwischen dem vorgegebenen Zielwert der Zielwerteinstelleinheit oder -bestimmungseinheit 50a und einem Differentialdruckdetektorsignal vom Differentialdruckwandler 46 zugeführt. Die Antriebsschaltung 50b erzeugt ein Antriebssignal für den linearen Antriebsmechanismus 1e zur Bewegung des XYZ-Objekttisches 1 vertikal oder längs der Z-Achse, so daß auf diese Weise das Abweichungssignal Null wird. Auf diese Weise wird die Brennpunkteinstellung zwischen der Reduktionslinse  $L_R$  und dem belichteten Material 2 abgeschlossen.

Nachdem die Brennpunkteinstellung abgeschlossen ist, wird der XYZ-Objekttisch 1 längs der XY-Achsen in geeigneter Weise so verschoben, daß das Material 2 an einer vorbestimmten Musterbelichtungsposition oder -expositionposition positioniert wird. Dann wird ein geeigneter Ausschnitt des zu belichtenden Materials 2 mit dem projizierten Muster belichtet. Daraufhin wird der XYZ-Objekttisch 1 wiederum längs der XY-Achse bewegt, um das zu belichtende Material 2 in die nächste Musterbelichtungsposition zu bewegen. Auf diese Weise wird der Kopier- und Repetiervorgang einer Belichtung des Materials 2 durch das projizierte Muster so lange wiederholt, bis sämtliche Belichtungen an sämtlichen Belichtungspositionen des Materials 2 ausgeführt worden sind. Das belichtete Material 2, das allen Belichtungsstufen unterworfen worden ist, wird vom XYZ-Objekttisch 1 abgenommen. Daraufhin wird ein nächstfolgend zu belichtendes Material 2 auf den Objekttisch 1 gelegt und wiederum dem oben erläuterten Verfahren unterzogen.

Soll die Größe des projizierten Musters, das zur Exposition des Materials 2 verwendet wird, geändert werden, so wird die gewünschte Vergrößerung  $K_I$  der Musterauswahl-eingabeeinheit 40 der Mustersteuervorrichtung 37 zugeführt, um dafür zu sorgen, daß der Antriebsmotor 20 die Einheit aus der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$  um die dieser Vergrößerung  $K_I$  entsprechende Verschiebung  $\Delta L$  verschiebt, um die Vergrößerung des zweiten Musterbildes  $I_2$  einzustellen.

Wird z. B. andererseits ein polygonales Muster, beispielsweise ein rechtwinkliges Muster vorbestimmter Ausmaße auf das belichtete Material 2 projiziert, so wird das Rahmentragwerk 23 entfernt, und die vier Blendenflügel 16a, 16b, 19a und 19b können so eingestellt werden, daß sie gemeinsam das gewünschte polygonale Muster erzeugen und dieses lediglich mittels der Reduktionslinse  $L_R$  auf das Material projizieren.

Entsprechend der oben erläuterten Erfindung kann durch Verschieben der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{I1}$ , die die Strichplatte 11 sandwichartig einschließen, in einer feststehenden Einheit die Vergrößerung des zweiten Musterbildes  $I_2$ , das am Bildpunkt  $O'_{L2}$  der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  hervorgerufen wird, stufenlos so geändert werden, daß die Verschiebung  $\Delta L_1$  des zweiten Musterbildes  $I_2$  auf den zulässigen objektraumseitigen Brennweitenbereich der Reduktionslinse  $L_R$  beschränkt wird und die Verschiebung  $\Delta L_4$  des vierten Beleuchtungslichtbildes  $i_4$ , welches an der Eintrittspupillenlage der Reduktionslinse  $L_R$  erzeugt wird, auf den zulässigen Eintrittspupillenlagebereich der Reduktionslinse  $L_R$  innerhalb des vorbestimmten Öffnungsverhältnistoleranzbereiches beschränkt wird. Auf diese Weise wird das Musterbild effektiv projiziert, eine Belichtungsungleichmäßigkeit im projizierten Muster, mit dem das belichtete Material 2 belichtet wird, wird eliminiert, so daß eine hohe Auflösung erzielt wird, und die Distanz zwischen der zweiten Abbildungslinse  $L_{I2}$  und der Reduktionslinse  $L_R$  braucht nicht korrigiert zu werden.

Entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel ist jede der Linsen  $L_{L1}$ ,  $L_{L2}$ ,  $L_{I1}$  und  $L_{I2}$  mit einer einzelnen Linse verwirklicht. Jedoch können alternativ auch mehrere Linsen zur Realisierung jeder einzelnen dieser Linsen  $L_{L1}$ ,  $L_{L2}$ ,  $L_{I1}$  und  $L_{I2}$  verwendet werden.

Entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel wird der Teil der Einheit der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$

und der ersten Abbildungslinse  $L_{11}$  bewegt. Jedoch ist die Art und Weise dieser Bewegung nicht auf diese Möglichkeit beschränkt, es kann jedoch auch als Bewegungsteil die Strichplatte 11 bewegt werden.

Entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel bildet das kreis- oder ringförmige Muster der Strichplatte 11 die Musterquelle. Jedoch ist die Form der Musterquelle nicht auf derartige kreisförmige Muster beschränkt, sondern es können z. B. mehrere Strichplatten 11 mit Mustern unterschiedlicher Formen am Umfang eines Kreises auf einer Scheibe angeordnet werden, die rotiert, um auf diese Weise ein gewünschtes Muster auf der optischen Achse 6 zu positionieren. Auch können wahlweise andere Musterquellen, z. B. andere Masken, verwendet werden.

Entsprechend des ersten Ausführungsbeispiels werden ein Paar von Nocken 31a und 31b und entsprechende Nockenstößeln 32a und 32b für den vertikalen Antriebsmechanismus 28 verwendet, mit dem die Einheit aus der zweiten Beleuchtungslinse  $L_{L2}$  und der ersten Abbildungslinse  $L_{11}$  bewegt wird. Jedoch ist der vertikale Antriebsmechanismus 28 nicht auf eine solche Ausführung beschränkt, sondern es kann statt dessen z. B. auch ein Antriebsmechanismus mit einer Vorschubspindel linear die Schiebewellen 24a und 24b antreiben.

In der Beschreibung des ersten Ausführungsbeispiels wurde die Erfindung auf ein Verkleinerungsprojektions-ausrichtgerät angewandt. Jedoch ist die Erfindung nicht auf solche Geräte beschränkt, sondern ist ebenfalls auf alle möglichen anderen Optischen Abbildungsgeräte, beispielsweise auf Musterschreibgeräte, anwendbar, die ein Muster einer Musterquelle, beispielsweise eines Mustergenerators, auf ein belichtetes Material schreiben.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur optischen Abbildung, in welchem Beleuchtungslicht von einer Lichtquelle auf ein zu belichtendes Material mittels eines optischen Systems übertragen wird, welches zumindest eine Musterquelle mit einem zu projizierenden Muster und eine Projektionslinse umfaßt, die dem Belichtungsmaterial gegenüberliegt, um das Projektionsmuster auf das Belichtungsmaterial abzubilden, **dadurch gekennzeichnet,**

daß im optischen Linsensystem eine Anordnung verwendet wird, in der eine erste Beleuchtungslinse, eine zweite Beleuchtungslinse, die Musterquelle, eine erste Abbildungslinse und eine zweite Abbildungslinse in dieser Reihenfolge von der Lichtquelle zur Projektionslinse auf der optischen Achse angeordnet sind,

daß die erste Beleuchtungslinse ein erstes Beleuchtungslichtbild (Abbildung der Lichtquelle) außerhalb des bildseitigen Brennpunktes der ersten Abbildungslinse erzeugt,

daß die zweite Beleuchtungslinse ein zweites Beleuchtungslichtbild von diesem ersten Beleuchtungslichtbild außerhalb des objektseitigen Brennpunktes der ersten Abbildungslinse erzeugt,

daß die erste Abbildungslinse ein drittes Beleuchtungslichtbild vom zweiten Beleuchtungslichtbild mit derselben Vergrößerung wie der des ersten Beleuchtungslichtbildes auf dem ersten Beleuchtungslichtbild außerhalb des bildseitigen Brennpunktes der ersten Abbildungslinse erzeugt und ein erstes Musterbild von der Musterquelle erzeugt,

daß die zweite Abbildungslinse ein viertes Beleuchtungslichtbild vom dritten Beleuchtungslichtbild an einer zulässigen Eintrittspupillenlage der Projektionslinse erzeugt und ein zweites Musterbild vom ersten Musterbild innerhalb einer zulässigen objektraumseitigen Brennweite der Projektionslinse,

daß ein aus der zweiten Beleuchtungslinse und der ersten Abbildungslinse gebildetes Paar und die Musterquelle relativ so zueinander verschoben werden, daß die Distanz zwischen der zweiten Beleuchtungslinse und der ersten Abbildungslinse hierbei festbleibt, wodurch die Vergrößerung des zweiten Musterbildes wahlweise derart einstellbar ist, daß das zweite Musterbild in die zulässige objektraumseitige Brennweite der Projektionslinse fällt und das vierte Beleuchtungslichtbild auf die Eintrittspupillenposition oder in einen zulässigen Eintrittspupillenbereich der Projektionslinse fällt.

2. Vorrichtung zur optischen Abbildung, in welcher Beleuchtungslicht von einer Lichtquelle mittels eines optischen Systems, das zumindest eine Musterquelle mit einem Projektionsmuster und eine Projektionslinse umfaßt, die zur Abbildung des Projektionsmusters auf Belichtungsmaterial diesem gegenüberliegend angeordnet ist, auf das Belichtungsmaterial übertragen wird, dadurch gekennzeichnet, daß das optische System umfaßt:

eine erste Beleuchtungslinse ( $L_{L1}$ ), die ein erstes Beleuchtungslichtbild ( $i_1$ ) von der Lichtquelle (5) außerhalb des bildraumseitigen Brennpunktes der ersten Beleuchtungslinse erzeugt;

eine zweite Beleuchtungslinse ( $L_{L2}$ ), die ein zweites Beleuchtungslichtbild ( $i_2$ ) innerhalb des bildraumseitigen Brennpunktes ( $F'_{L2}$ ) der zweiten Beleuchtungslinse vom von der ersten Beleuchtungslinse erzeugten Beleuchtungsbild so erzeugt, daß das erste Beleuchtungsbild ( $i_1$ ) als virtuelles Bild aufgenommen wird;

eine erste Abbildungslinse ( $L_{11}$ ), die vom Projektionsmuster der Musterquelle (11), die innerhalb des bildraumseitigen Brennpunktes der zweiten Beleuchtungslinse ( $L_{L2}$ ) vorgesehen ist, ein erstes Musterbild ( $i_1$ ) außerhalb des bildraumseitigen Brennpunktes ( $F'_{11}$ ) der ersten Abbildungslinse erzeugt und die ein drittes Beleuchtungslichtbild ( $i_3$ ) vom zweiten Beleuchtungslichtbild ( $i_2$ ) mit derselben Vergrößerung wie der des ersten Beleuchtungslichtbildes ( $i_1$ ) auf dem ersten Beleuchtungslichtbild ( $i_1$ ) erzeugt und

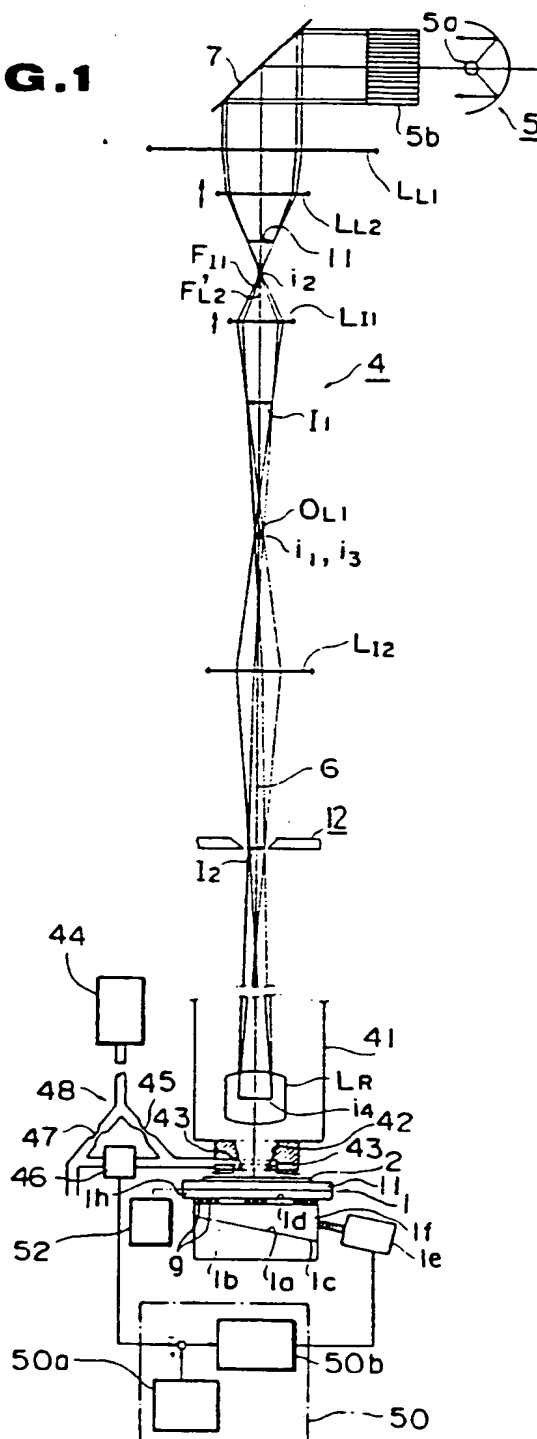
eine zweite Abbildungslinse ( $L_{11}$ ), der das erste Musterbild ( $i_1$ ) und das dritte Beleuchtungslichtbild ( $i_3$ ), die von der ersten Abbildungslinse ( $L_{11}$ ) erzeugt werden, außerhalb des objektraumseitigen Brennpunktes ( $F'_{12}$ ) der zweiten Abbildungslinse angeboten werden und die das erste Musterbild innerhalb einer zulässigen objektraumseitigen Brennweite der Projektionslinse ( $L_R$ ) abbildet und ein viertes Beleuchtungslichtbild ( $i_4$ ) vom dritten Beleuchtungslichtbild an einer zulässigen Eintrittspupillenposition der Projektionslinse ( $L_R$ ) erzeugt, daß die erste Beleuchtungslinse ( $L_{L1}$ ), die zweite Beleuchtungslinse ( $L_{L2}$ ), die erste Abbildungslinse ( $L_{11}$ ) und die zweite Abbildungslinse ( $L_{12}$ ) aufeinanderfolgend auf der optischen Achse angeordnet sind und daß ein aus der zweiten Beleuchtungslinse und der ersten Abbildungslinse gebildetes Paar und die Muster-

quelle relativ zueinander derart bewegbar sind, daß die Distanz zwischen der zweiten Beleuchtungslinse und der ersten Abbildungslinse bei dieser Bewegung festbleibt.

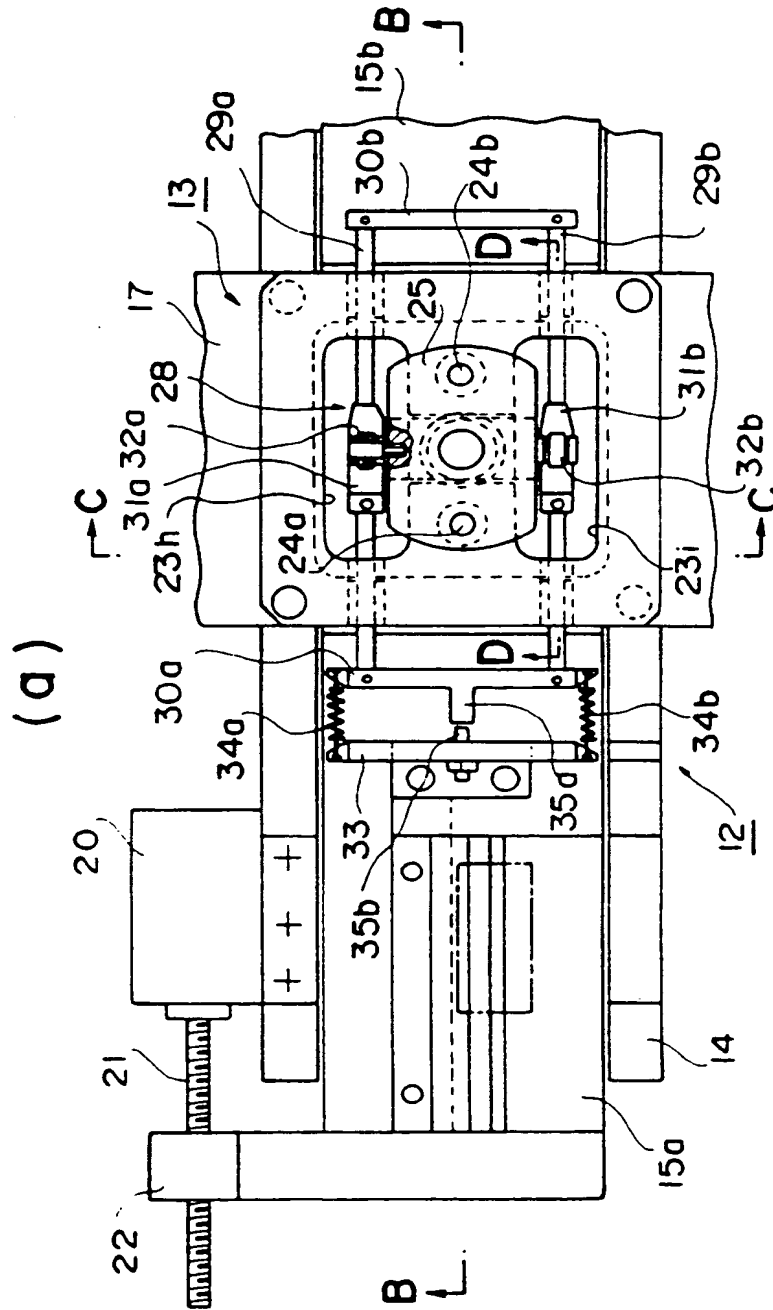
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Distanz zwischen der zweiten Beleuchtungslinse ( $L_{L2}$ ) und der ersten Abbildungslinse ( $L_{I1}$ ) geringer als die Gesamtheit der Brennweiten der zweiten Beleuchtungslinse und der ersten Abbildungslinse ist, so daß die Musterquelle (11) und das zweite Beleuchtungslichtbild ( $i_2$ ) innerhalb des bildraumseitigen Brennpunktes ( $F'_{I,2}$ ) der zweiten Beleuchtungslinse ( $L_{L2}$ ) und außerhalb des objektraumseitigen Brennpunktes ( $F_{I1}$ ) der ersten Abbildungslinse ( $L_{I1}$ ) liegen.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

FIG.1

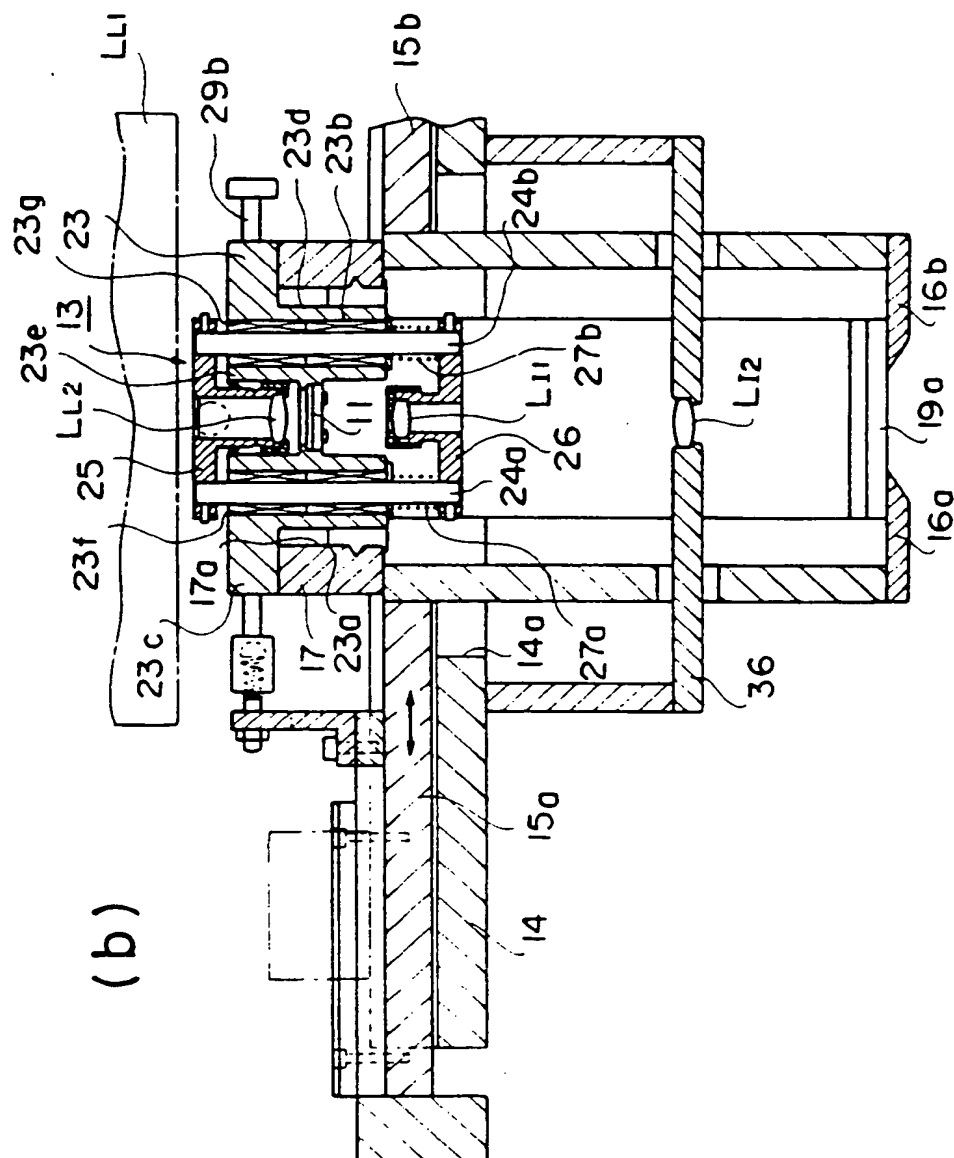


**FIG. 2**



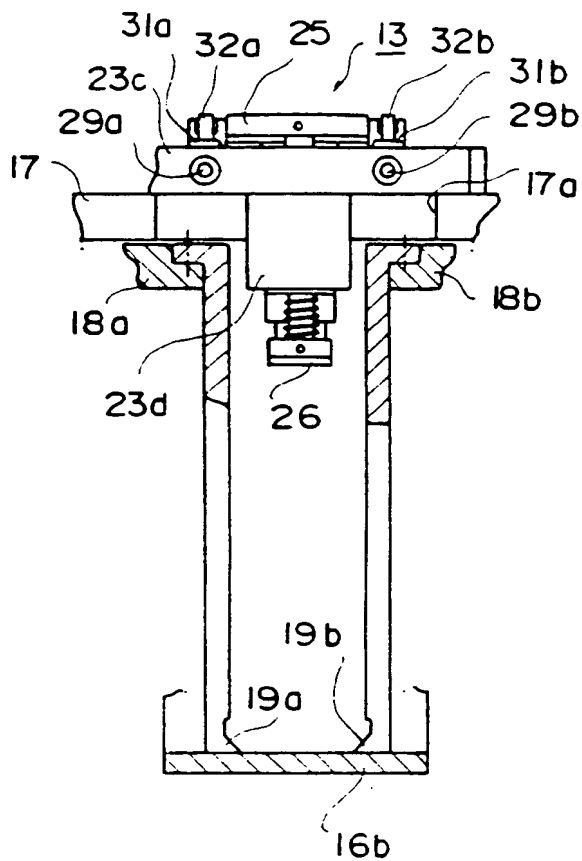


**FIG. 2**

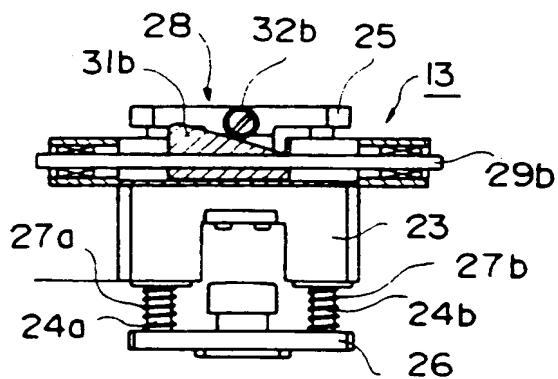


**FIG. 2**

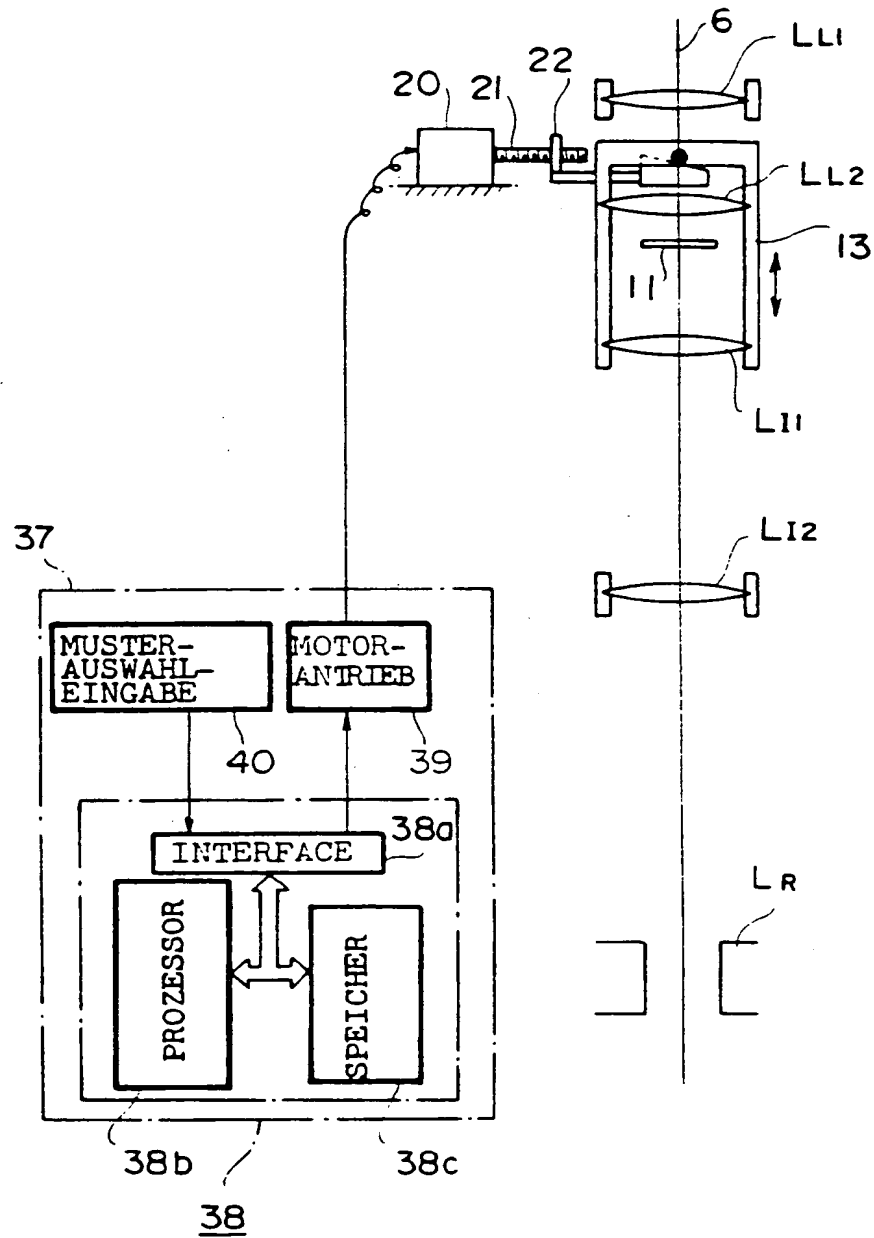
(c)



(d)



**FIG. 3**



**FIG. 4**

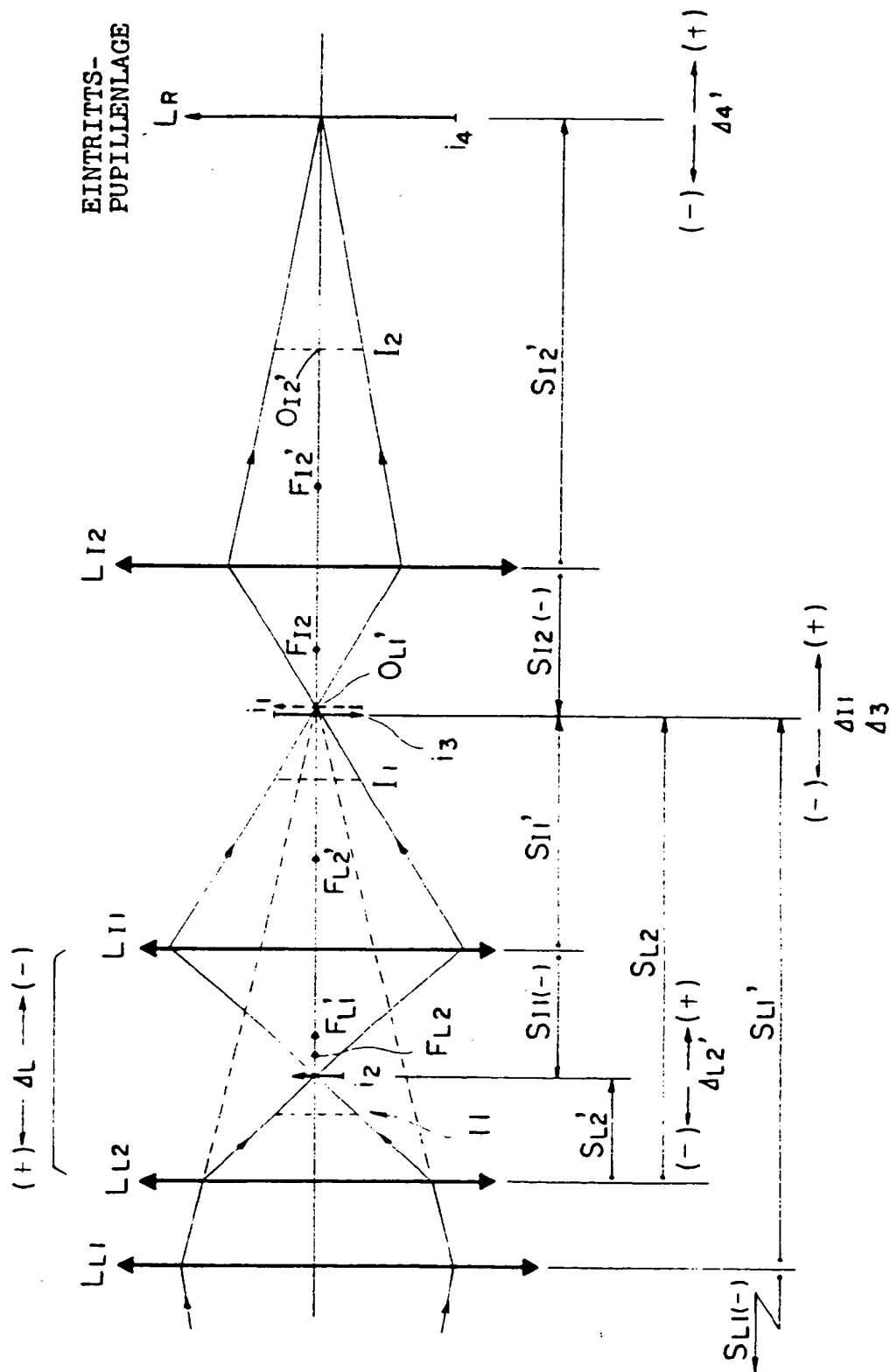
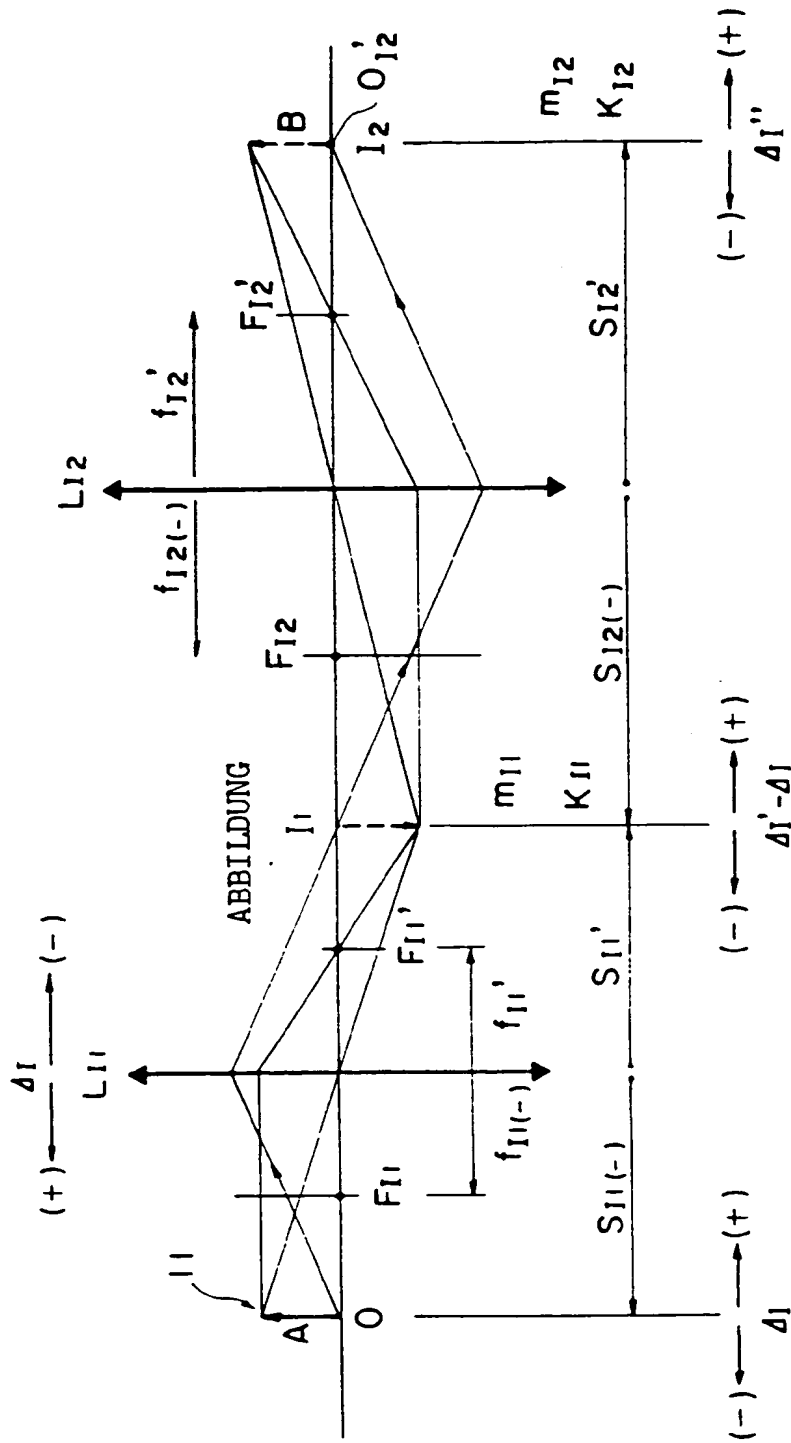
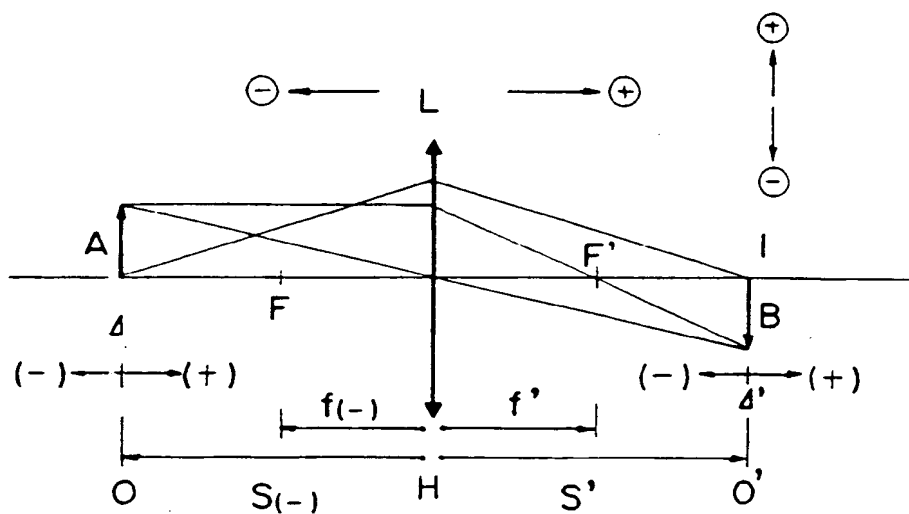


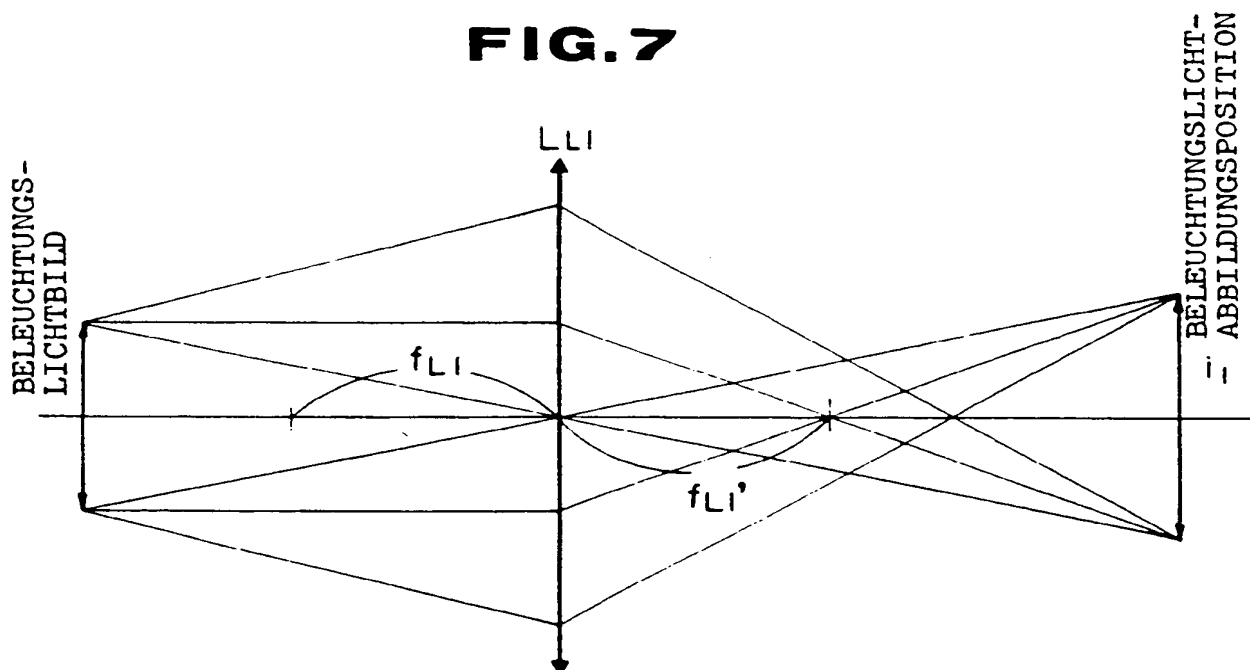
FIG. 5



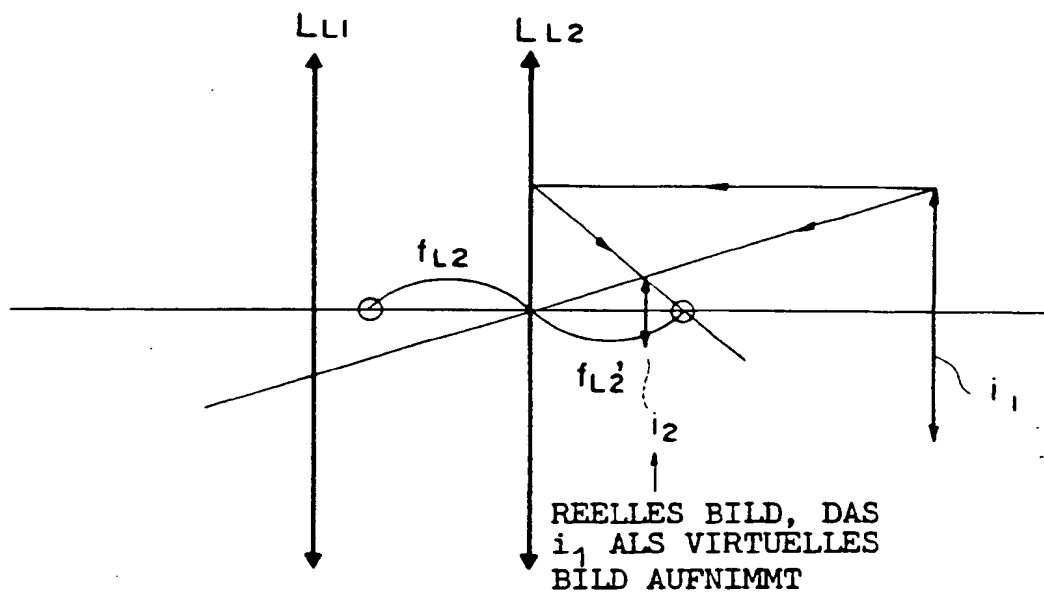
**FIG. 6**



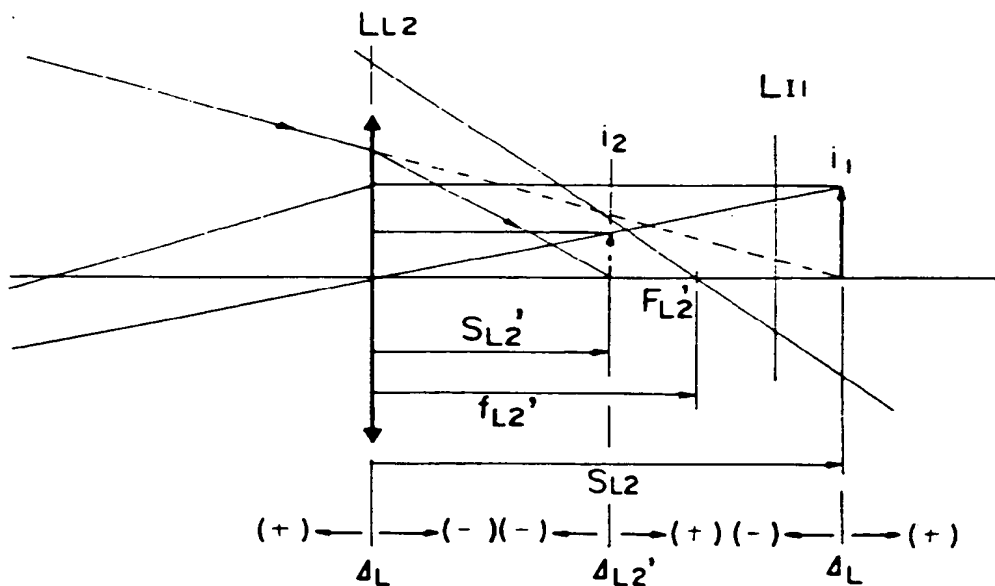
**FIG. 7**



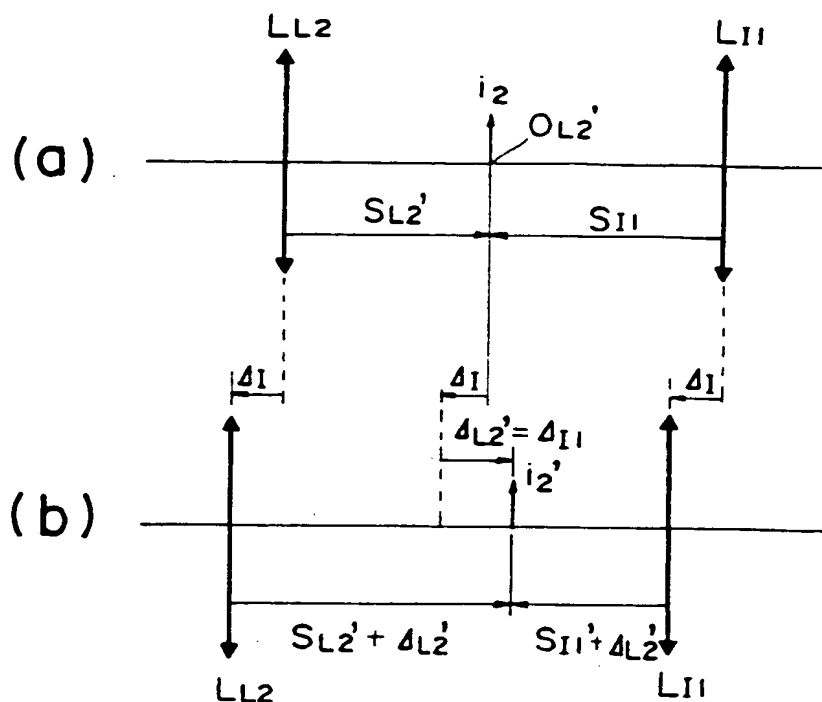
**FIG. 8**



**FIG. 9**



**FIG.10**



**FIG.11**

